

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY ŽIVOTNÍHO
PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ A PODLIMITNÍ ZDROJE RIZIKA S
AMONIAKEM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

DAVID LABAJ

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ
ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY
INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF
ENVIRONMENTAL PROTECTION

PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ A PODLIMITNÍ ZDROJE RIZIKA S AMONIAKEM

PREVENTION OF MAJOR ACCIDENTS AND UNDERLIMITED RISK SOURCES WITH AMMONIA

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

DAVID LABAJ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OTAKAR JIŘÍ MIKA, CSc.

BRNO 2008



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání diplomové práce

Číslo diplomové práce

FCH-DIP0264/2007

Akademický rok: **2007/2008**

Ústav

Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí

Student(ka)

Labaj David

Studijní program

Chemie a technologie ochrany životního prostředí (M2805)

Studijní obor

Chemie a technologie ochrany životního prostředí (2805T002)

Vedoucí diplomové práce

Ing. Otakar Jiří Mika, CSc.

Konzultanti diplomové práce

Název diplomové práce:

Prevence závažných havárií a podlimitní zdroje rizika s amoniakem

Zadání diplomové práce:

Prevence závažných havárií a hodnocení vybraných podlimitních zdrojů rizika s amoniakem, návrh opatření ke zvýšení bezpečnosti

Termín odevzdání diplomové práce: 16.5.2008

Diplomová práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu diplomové práce. Toto zadání je přílohou diplomové práce.

David Labaj
student(ka)

Ing. Otakar Jiří Mika, CSc.
Vedoucí práce

Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.9.2007

doc. Ing. Jaromír Havlica, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá prevencí závažných havárií a podlimitními riziky s amoniakem. U několika vybraných zdrojů v nichž se amoniak, podle platné legislativy, vyskytuje v podlimitním množství byl namodelován jeho únik při různých atmosférických podmínkách a také byla porovnána jeho toxicita s ostatními nejběžněji používanými toxickými látkami. Z výsledků pak bylo vyhodnoceno, jak velké nebezpečí představují tyto podlimitní zdroje pro obyvatelstvo žijící v jejich okolí a navržen způsob ke zvýšení bezpečnosti.

ABSTRACT

This work is deal with prevention of major accident and under-limited sources with ammonia. In few picked sources where ammonia occurs in an under-limited amount, according to valid legislation, there will its outflow be modeled in various atmospheric conditions and its toxicity will be compared with other mostly used toxic substances. The danger for people living in the surroundings of under-limited sources will be evaluated from the results and the way for better safeness will be suggested.

KLÍČOVÁ SLOVA

amoniak, podlimitní zdroj, závažná havárie, únik, toxicita

KEYWORDS

ammonia, under-limited source, major accident, escape, toxicity

LABAJ, D. Prevence závažných havárií a podlimitní zdroje rizika s amoniakem. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2008. 72 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Otakar Jiří Mika, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citoval. Diplomová práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT.

.....
podpis diplomanta

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Otakaru Mikovi, CSc. za poskytnutí odborných rad a pomoc při vypracování této práce. Dále paní Ing. Vlastě Nekvapilové za ochotu při konzultacích a svým rodičům za finanční a morální podporu po celou dobu studia.

OBSAH

OBSAH:	5
1. ÚVOD	7
2. CÍLE PRÁCE	8
3. TEORETICKÁ ČÁST	9
3. 1. LEGISLATIVA ZABÝVAJÍCÍ SE PREVENCÍ ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ	9
3. 1. 1. <i>Popis havárie vedoucí k přijetí direktivy Seveso I a II</i>	9
3. 1. 2. <i>Utváření platné legislativy</i>	9
3. 1. 3. <i>SEVESO I direktiva</i>	10
3. 1. 4. <i>SEVESO II direktiva</i>	11
3. 1. 5. <i>Zákon o prevenci závažných havárií</i>	12
3. 1. 6. <i>Zákon č. 59/2006 Sb. o prevenci závažných havárií</i>	13
3. 2. PLNĚNÍ PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ	24
3. 3. KLASIFIKACE MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTÍ	25
3. 4. RIZIKA SOUVISEJÍCÍ S PROVOZEM PRŮMYSLOVÉ ČINNOSTI	25
3. 5. ZÁVAŽNÉ HAVÁRIE A JEJICH JEVI	28
3. 6. NEBEZPEČNÉ CHEMICKÉ LÁTKY A PŘÍPRAVKY	31
3. 6. 1. <i>Úvod k nebezpečným chemickým látkám</i>	31
3. 6. 2. <i>Klasifikace nebezpečných chemických látek</i>	32
3. 7. CHARAKTERISTIKA ZÁKLADNÍCH FYZIKÁLNÍCH VELIČIN	34
3. 8. TOXICKÉ LÁTKY	35
3. 8. 1. <i>Faktory ovlivňující toxický účinek</i>	36
3. 8. 2. <i>Všeobecně k některým toxikologickým vlastnostem</i>	36
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	40
4. 1. HAVÁRIE S AMONIAKEM V MINULOSTI	40
4. 1. 1. <i>Další stručný přehled čpavkových havárií ve světě a v ČR</i>	42
4. 2. TOXIKOLOGICKÉ VLASTNOSTI NH ₄ A VYBRANÝCH NEBEZPEČNÝCH LÁTEK	44
4. 3. ZDROJOVÝ ČLEN PŘI VÝRONU NEBEZPEČNÉ LÁTKY (AMONIAK, CHLOR)	48
4. 3. 1. <i>Rychlost a hmotnost výronu a odparu</i>	48
4. 3. 2. <i>Rychlost výronu a odparu</i>	48
4. 3. 3. <i>Porušení potrubí</i>	48
4. 3. 4. <i>Porušení potrubí v místě výskytu plynné fáze</i>	50
4. 3. 5. <i>Porušení potrubí v místě porušení kapalné fáze</i>	51
4. 3. 6. <i>Hmotnost výronu a odparu</i>	52
4. 4. ŠÍŘENÍ NEBEZPEČNÝCH ŠKODLIVIN V ATMOSFÉŘE	53
4. 4. 1. <i>Vertikální teplotní gradient</i>	54
4. 4. 2. <i>Rychlost větru</i>	56
4. 4. 3. <i>Vertikální profil rychlosti větru</i>	57
4. 4. 4. <i>Atmosférická difúze</i>	58
4. 4. 5. <i>Určení meteorologických situací pro modelování úniku nebezpečných látek</i>	59
4. 5. VLASTNÍ MODELOVÁNÍ NEBEZPEČNÝCH LÁTEK	60
4. 5. 1. <i>Základní charakteristika programu TerEx</i>	61
4. 5. 2. <i>Srovnání toxicity amoniaku s ostatními nebezpečnými látkami</i>	62

5. VÝSLEDKY A DISKUSE	65
5. 1. PŘÍPADOVÁ STUDIE ÚNIKU AMONIAKU Z RŮZNÝCH ZAŘÍZENÍ.....	65
6. ZÁVĚR	72
7. LITERATURA	74
8. PŘÍLOHY	76

1. ÚVOD

V poslední době dochází k velkému rozvoji chemického průmyslu, kde se denně vyrábí a nakládá s velkým množstvím nebezpečných chemických látek. Vlivem určitých skutečností pak může dojít k havárii, která je obvykle spojena s únikem této nebezpečné látky a s následným ohrožením života lidí. Aby se těmto situacím dalo co nejvíce předcházet, musí se příslušné podniky a zařízení, které vyrábí, manipulují nebo skladují nebezpečné chemické látky řídit příslušnou legislativou, ve které jsou stanoveny jednotlivé kroky ke zvýšení bezpečnosti, jak podniku samotného, tak obyvatel žijících v jeho okolí.

Amoniak je díky svým výborným vlastnostem využíván především v potravinářském průmyslu a na zimních stadionech jako náplň chladicích zařízení. V těchto zařízeních se množství amoniaku ve většině případů pohybuje v menších množstvích, než stanovuje příslušná legislativa, a proto se tato zařízení označují jako podlimitní.

Přesto i tyto podlimitní zdroje nebezpečných chemických látek mohou představovat závažné riziko havárie a také vzhledem k tomu, že nejsou legislativně příliš vhodně ošetřena je potřeba jím věnovat zvýšenou pozornost.

2. CÍLE PRÁCE

Teoretická část se zabývá legislativou týkající se prevence závažných havárií jak u nás tak ve světě a jejím postupným vytvářením a také nebezpečnými chemickými látkami.

Experimentální část se pak zaměřuje na různé zdrojové členy ovlivňující únik a šíření amoniaku v případě havárie a porovnává také jeho toxicitu s vybranými nebezpečnými chemickými látkami.

Cíle této práce:

1. *Zpracování literární rešerše*, jež je zaměřena na vymezení základních vlastností amoniaku, především co se týká jeho toxického působení a dále na studium legislativy zabývající se prevencí závažných havárií a definující zařízení s podlimitním množstvím nebezpečných chemických látek.
2. *Studium havárií, jež se s amoniakem staly v minulosti*, jejich příčiny a následky, fyzikálně – chemické faktory ovlivňující únik a následné šíření těchto škodlivin ovlivněné celou řadou atmosférických jevů a stálostí.
3. *Posouzení výsledků*, jež souvisí s případovou studií úniku amoniaku z různých zařízení.

3. TEORETICKÁ ČÁST

3.1. Legislativa zabývající se prevencí závažných havárií

3.1.1. Popis havárie vedoucí k přijetí direktivy Seveso I a II

Za tuto havárii je zodpovědná švýcarská firma Hoffman - La Roche, v jejíž továrně Icmesso, umístěné v italském městečku Seveso, severně od Milána, se vyráběl pesticid označovaný jako TCP. Při výrobě vznikl jako vedlejší nežádoucí produkt i dioxin. V sobotu 10. 7. 1976 došlo v továrně k poruše chemického reaktoru, z kterého unikly do ovzduší plyny a vytvořily oblak o šířce asi 700 metrů a délce 5 kilometrů. Příčinou havárie byla nekontrolovatelně probíhající exotermní reakce v reaktoru na výrobu 2, 4, 5 – trichlorfenolu, který je běžným meziproduktem při výrobě některých herbicidů, mýdel, šampónů atd. V době nehody se v továrně nacházelo jen několik zaměstnanců, kteří jednoduchou poruchu odstranili během asi 20 minut. Jen vedoucím představitelům továrny bylo známo, že uniklé plyny obsahovaly dioxin. Z vedení firmy ze Švýcarska proto přicházely pokyny k utajování závažných okolností havárie. Celý týden se proto v továrně pracovalo dále, na pískovištích zamořených dioxinem, si hrály děti. Obyvatelům Sevesa bylo divné, proč se v okolí nacházejí mrtví ptáci, zemědělcům hynou ovce, proč se u dětí objevují červené skvrny na pokožce (akné). Vegetace v okolí továrny zčernala a uschla. Postupně tak mezi obyvateli města rostla panika, zaměstnanci továrny začali stávkovat a pro vyšetřování havárie byla ustanovena vládní komise, která dva týdny po úniku dioxinu nařídila rychlou evakuaci obyvatel z okruhu do 4 kilometrů od továrny [1, 2].

Musely být utraceny tisíce kusů dobytka a do nemocnic bylo převezeno asi 600 obyvatel, kteří i když přežili, nebudou mít už nikdy naději na zplazení zdravých dětí.

V Sevesu byly vytyčeny dvě oblasti vysoce nebezpečné koncentrace TCDD. Jednalo se o oblast A (o rozsahu asi 1 mil. m²) s koncentrací nad 50 mikrogramů/m², kde žilo asi 700 obyvatel a oblast B (o rozsahu asi 2 mil. m²) s koncentrací 7,5 – 50 mikrogramů/m², kde žilo asi 5000 obyvatel. Přibližně 95 % uniklého dioxinu zůstalo v oblasti A, z evakuovaných obyvatel více než 200 onemocnělo jaterními a ledvinovými chorobami. Nebezpečné zóny byly střeženy armádou, více než 1000 ha polí bylo označeno jako zamořené vysokou koncentrací TCDD. Ještě 5 let po havárii byla továrna obehnaná ostnatým drátem a dělníci pracující na odstraňování zamořené půdy, museli používat ochranné masky a oděvy. K rozložení dioxinu se využila jeho citlivost k UV paprskům po jeho předchozí solubilizaci olejem, která významně zvyšuje fotolytické působení slunečních paprsků.

Tato havárie byla označována jako „chemická Hirošima“ a stala se zásadním impulzem pro přijetí legislativy, zaměřené ke zvýšení bezpečnosti provozu chemických továren (směrnice Seveso I a II) [1, 2].

3.1.2. Utváření platné legislativy

Na území České republiky nemají průmyslové havárie zdaleka tak katastrofální následky v porovnání se světem. To ale neznamená, že bychom se této problematice neměli s náležitou pozorností věnovat.

I u nás totiž narůstá počet havárií v různých oblastech, především pak v energetice, chemickém průmyslu a při přepravě nebezpečných látek, které mohou mít za určitých podmínek jak regionální tak přeshraniční účinky, převážně ve vztahu k životnímu prostředí.

V zemích Evropské unie jsou zpracovány zákony a směrnice stanovující závazné postupy a povinnosti výrobců, provozovatelů i správních orgánů pro oblast závažných průmyslových havárií

Pro země Evropské unie byla základním právním dokumentem směrnice Rady 82/501/EEC, tzv. SEVESO I direktiva, která byla v roce 1996 zásadně novelizována.

3.1.3. SEVESO I direktiva

SEVESO I direktiva, byla přijata v důsledku vzniku závažných havárií, především úniku dioxinu v Sevesu (Itálie) a výbuchu cyklohexanu ve Flixborough (Velká Británie). Hlavním cílem této direktivy bylo zavést v členských zemích Evropské unie jednotnou, harmonizovanou legislativu, která by řešila prevenci a připravenost na závažné průmyslové havárie s možným mezistátním účinkem a zpracovat i uplatňovat vhodná a účinná opatření.

Stanovuje tedy povinnosti a postupy provozovatelů i správních orgánů pro oblast závažných průmyslových havárií, jež musí být splněny [3, 4].

Mezi tyto povinnosti a postupy, jež tato direktiva ukládá, patří:

- **Oznamovací povinnost a povinnost zpracovat bezpečnostní studii**

Provozovatelé zařízení, v nichž jsou používány nebezpečné látky v množstvích přesahující limity stanovené směrnicí, jsou povinni o této skutečnosti informovat příslušné orgány formou oznámení a v případě vysoce nebezpečné činnosti zpracovat bezpečnostní studii. Obsah a další náležitosti takovéto studie pak závisí na míře potenciálního nebezpečí a souvisejícího rizika. Za všech okolností, ale musí být uvedena opatření omezující možná nebezpečí a související rizika [3].

- **Povinnost vypracovat havarijní plány**

Provozovatel vysoce nebezpečných činností je rovněž povinen vypracovat tzv. vnitřní havarijní plán pro případ, že by došlo ke vzniku havárie. V případě předpokladu, že by následky havárie mohly přesáhnout hranice podniku, je stanovena povinnost zpracovat tzv. vnější havarijní plán, jež je součástí havarijního plánu regionu. Ministerstvo vnitra vydalo pro tyto účely vyhlášku č. 383/2000 sb., kde jsou stanoveny podrobnosti ke zpracování havarijního plánu regionu a vnějšího havarijního plánu. I v tomto případě je základem pro zpracování analýza možných rizik [4].

- **Povinnost poskytovat informace**

Je povinností provozovatele zajistit informovanost svých pracovníků o možných rizicích a činnostech v případě vzniku havárie a i zabezpečit jejich ochranu. Tato

povinnost poskytovat informace se pak vztahuje nejen na zaměstnance, ale i na ohrožené obyvatelstvo a příslušné orgány státní správy [4].

▪ Povinnost provádění kontrol

Stát je povinen zajistit provádění kontrol nebezpečných provozů a činností, nezbytných pro plnění všech povinností uložených provozovatelům [3].

Zde uvedená směrnice zavedla základní postup pro vytvoření taktiky v oblasti prevence havárií, praktické využití se v jednotlivých státech členských zemí EU lišilo. To mělo za následek poměrně obecnou formulaci jednotlivých ustanovení a požadavků v direktivě SEVESO I. Proto byla provedena její novelizace a na scénu vstupuje direktiva Seveso II, která si bere za cíl eliminovat značné rozdíly v prevenci jednotlivých členských států a zajistit dosažení vyšší úrovně bezpečnosti [3, 4].

3.1.4. SEVESO II direktiva

Směrnice Rady 96/82/EC tzv. SEVESO II direktiva nebo COMAH je zpracována jednodušším a vhodnějším způsobem než SEVESO I. Už například není rozlišována výroba nebezpečných látek a jejich skladování. Také seznam nebezpečných látek byl redukován na minimum a upraven. Seznam nebezpečných látek z hlediska výroby byl rozšířen o sloučeniny arsenu, karcinogenní látky, zkapalněné uhlovodíkové plyny i zemní plyn. Nově byly zařazeny látky nebezpečné pro životní prostředí. Za jeden z významných kroků se považuje i zavedení sčítání nebezpečných látek pro stanovení celkového množství přítomného v podniku [4, 5].

Klade se zde důraz na úlohu kontrolních orgánů, podniky mají oznamovací povinnost a vedení musí zajistit zpracování bezpečnostní studie v souladu s požadovanou směrnicí.

Zásadní požadavek pak představuje, aby podniky formulovaly zásady prevence a zavedly bezpečnostní management. Ověření jeho správnosti a funkčnosti je předmětem kontrol a výsledky se poskytují příslušným orgánům. Hlavní důraz je kladen na systém kontrol, který musí prověřit, že provozovatel nebezpečné činnosti je schopen předvést a dokladovat všechna přijatá bezpečnostní opatření i to, že podnikl všechna opatření pro snížení následků možných havárií. Je tedy dána povinnost realizovat a zdůvodňovat technická, organizační i kontrolní opatření, která snižují riziko při provádění nebezpečné činnosti [4].

Byly konkretizovány i havarijní plány, jejichž hlavním cílem musí být minimalizace účinků možných havárií a omezení následků pro člověka, životní prostředí a ekonomiku, realizace opatření na ochranu člověka a životního prostředí, předání potřebných informací veřejnosti, příslušným úřadům nebo servisním službám a dále pak zahájení asanačních prací a opatření na obnovu životního prostředí po závažné havárii [4, 5].

Směrnice SEVESO II byla v roce 2004 novelizována, což mělo za následek to, že bylo nutné rozšířit působnost dosavadního zákona o prevenci závažných havárií.

Směrnice byla postupně doplněna o rozhodnutí Rady 98/685/ES o uzavření Úmluvy o účincích průmyslových havárií přesahujících hranice států, rozhodnutí komise 98/433/ES

o harmonizovaných kritériích pro uplatnění menšího množství požadavků na některé objekty a zařízení podle článku 9 směrnice Rady 96/82/ES, rozhodnutí Komise C (1999)856 o dotazníku ke směrnici Rady 96/82/ES o kontrole nebezpečí závažných havárií s nebezpečnými látkami a rozhodnutí Komise 2002/605/ES o dotazníku ke směrnici Rady 96/82/ES o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek [5].

Původní text směrnice SEVESO II byl v roce 2003 zásadně doplněn směrnicí Evropského parlamentu a Rady č. 2003/105/ES ze dne 16. prosince 2003, kterou se mění směrnice Rady 96/82/ES o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek [5].

Reakcí na změnu směrnice pak byly závažné havárie minulých let. Především pak únik kyanidů z odkaliště dolu v rumunském Baia Mare v lednu roku 2000, které znečistily řeku Tiszu, dále pak požár skladiště pyrotechnických pomůcek v květnu 2000 v holandském Enschede, při níž došlo k usmrcení 22 lidí a ke zranění téměř 1000 lidí. Rovněž byla způsobena rozsáhlá poškození v okolí továrny, kde se nacházela obytná čtvrť a pivovar, používající chladicí systém s velkým množstvím amoniaku a v neposlední řadě pak požár a následný výbuch v továrně na výrobu průmyslových hnojiv u francouzského města Toulouse v září 2001 [4, 5].

Nová směrnice upřesňuje některé požadavky, včetně podpory požadavku na tvorbu mechanismů užší spolupráce při asistenčních zásazích v oblasti civilní ochrany v rámci jednotlivých států, ale i mezi členskými státy (rozhodnutí Rady 2001/792/ES) [6, 7].

3.1.5. Zákon o prevenci závažných havárií

Legislativa, která by nějakým způsobem řešila prevenci závažných průmyslových havárií, nebyla zajištěna tak, aby odpovídala současným požadavkům na ochranu člověka, životního prostředí a ekonomiky vyplývajících ze směrnic EU, úmluv Organizace spojených národů a doporučení Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD). Dále nebyly zákonným způsobem stanoveny povinnosti právnických a fyzických osob, jež by se týkaly prevence závažných havárií a havarijní připravenosti [4].

V jednotlivých regionech nebyly informace o nebezpečných zdrojích rizik získávány systematicky a také nebyly pravidelně aktualizovány. Rovněž informovanost obyvatelstva o existujících rizicích a o jejich chování v případě závažné havárie nebyla na dostatečné úrovni [3].

Tyto skutečnosti ovlivnily nejen výskyt havárií negativně působících na zdraví člověka a životní prostředí, ale podle statistických údajů měly vliv i na nárůst závažnosti jejich následků.

Určitým způsobem sice byla problematika prevence závažných průmyslových havárií řešena v právních předpisech a normách, které ale buď definují pouze obecné zásady jak se v takovéto situaci chovat, nebo naopak do detailu rozpracovávají některý z dílčích aspektů. Tyto právní předpisy ovšem vůbec nevytvářely systém, jež by zajistil ochranu zdraví člověka, životního prostředí a majetku před následky závažných průmyslových havárií. [3, 4].

V rámci EU byla problematika prevence závažných havárií upravena do února 1997 směrnicí Rady ES 82/501/EEC – tzv. SEVESO I direktivou (Council Directive 82/501/EEC

of 24 June 1982 on the major – accident hazards of certain industrial activities) a jejími dodatky a následně směrnicí Rady Evropské unie 96/82/EC – tzv. SEVESO II direktivou (Council Directive 96/82/EC of 8 December 1996 on the control major – accident hazards involving dangerous substances), která je v členských zemích EU uplatňována od února 1999 [3, 4].

V České republice byl návrh zákona o prevenci závažných havárií přijat dne 9. prosince 1999 pod označením zákon č. 353/1999 Sb. a byl publikován ve sbírce zákonů, částka 111 ze dne 30. prosince 1999. Tento zákon se opíral o kritéria stanovená v tzv. direktivě SEVESO II, čili harmonizoval český právní systém s Evropskou unií v oblasti prevence závažných havárií.

Hlavním předmětem zákona bylo stanovení systému prevence závažných havárií pro objekty a zařízení, ve kterých byla umístěna vybraná nebezpečná chemická látka nebo chemický přípravek v určitém předepsaném množství [8].

Zákon dále upravoval povinnosti provozovatelů, kteří vlastnili nebo užívali objekt nebo zařízení v němž byla umístěna vybraná chemická látka nebo chemický přípravek, upravoval způsob zařazení objektu nebo zařízení do příslušných skupin. Také upravoval poskytování informací veřejnosti při prevenci závažných havárií a výkon státní správy na úseku prevence závažných havárií [8].

Z krátké historie působení zákona lze konstatovat, že tento zákon představoval významný přínos pro prevenci závažných havárií v objektech nebo zařízeních, kde se nakládá s nadlimitním množstvím vybraných nebezpečných látek. Na druhé straně bylo zřejmé, že většina podniků nebyla dostatečně připravena na plnění náročných úkolů, a proto byla bezpečnostní dokumentace ve velkém počtu opakovaně vrácena k přepracování. V průběhu doby byl zákon postupně novelizován (např. zákon č. 82/2004 Sb., úplné znění zákon č. 349/2004 Sb.). Smyslem novelizace bylo upřesnění některých pojmů, postupů, rozsahů poskytovaných informací. Nově byl vložen paragraf týkající se plánu fyzické ochrany. Tento nový paragraf je reakcí na možnost útoků na objekty a neoprávněných vniknutí do objektů, jichž se zákon týká [8].

Zákon č. 353/1999 Sb., o prevenci závažných havárií byl zrušen a nahrazen novým zákonem č. 59/2006 Sb., zákon o prevenci závažných havárií, ze dne 8. března 2006, který byl publikován ve Sbírce zákonů ČR, částka 25 a vstoupil v platnost 1. června 2006 [5, 6, 7].

3.1.6. Zákon č. 59/2006 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky

Od 1. června 2006 vstoupil v platnost nový zákon o prevenci závažných havárií (zákon č. 59/2006 Sb.), který zahrnuje aktuální změny z příslušné legislativy EU a ruší tím platnost zákona č. 353/1999 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Zákon byl změněn a doplněn v návaznosti na zkušenosti státní správy a provozovatelů objektů získané během 5-ti let působení zákona č. 353/1999 Sb. Z důvodu lepší srozumitelnosti a přehlednosti bylo vypracováno nové znění zákona, ale splnění požadavků existujícího zákona je zcela postačující i pro požadavky nového zákona [8].

Působnost zákona a základní pojmy

Zákon zapracovává příslušné předpisy Evropských společenství a stanoví systém prevence závažných havárií pro objekty a zařízení, v nichž je umístěna vybraná nebezpečná chemická látka nebo chemický přípravek. Působnost zákona je také zaměřena na povinnosti právnických a fyzických osob a na výkon státní správy na úseku prevence závažných havárií v objektech a zařízeních, kde jsou umístěny nebezpečné látky v množstvích, která jsou uvedena v příloze zákona [9].

V souladu s rozsahem působnosti směrnice SEVESO II se zákon nevztahuje na [6]:

- a) vojenské objekty a vojenská zařízení
- b) nebezpečí spojená s ionizujícím zářením
- c) silniční, drážní, leteckou a vodní přepravu vybraných nebezpečných chemických látek nebo chemických přípravků mimo objekty a zařízení, včetně dočasného skladování, nakládky a vykládky během přepravy
- d) přepravu vybraných nebezpečných chemických látek nebo chemických přípravků v potrubích, včetně souvisejících přečerpávacích, kompresních a předávacích stanic postavených mimo objekt a zařízení v trase potrubí
- e) dobývání ložisek nerostů v dolech, lomech nebo prostřednictvím vrtů, s výjimkou povrchových objektů, a zařízení chemické a termické úpravy a zušlechťování nerostů, skladování a ukládání materiálů na odkaliště, jsou-li v souvislosti s těmito činnostmi umístěny vybrané nebezpečné chemické látky nebo chemické přípravky uvedené v příloze č. 1 k tomuto zákonu v části 1 tabulce I a tabulce II
- f) průzkum a dobývání nerostů na moři
- g) skládky odpadu

Základní pojmy používající se pro účely tohoto zákona [6, 9, 10]:

Domino efekt – Možnost zvýšení pravděpodobnosti vzniku nebo velikosti dopadů závažné havárie v důsledku vzájemné blízkosti objektů nebo zařízení nebo skupiny objektů nebo zařízení a umístění nebezpečných látek.

Havarijní připravenost – Jedná se o soubor opatření k zabezpečení činností při podezření a vzniku závažné průmyslové havárie s cílem omezit jejich rozvoj a důsledky a zahrnuje zajištění likvidace následků havárie.

Kolektivní ochrana – Soubor organizačních a materiálních opatření, jejichž cílem je chránit skupiny osob proti zevnímu ozáření ionizujícím zářením a zasažením radioaktivními, bojovými biologickými nebo toxickými chemickými látkami. Vlastní ochranu zajišťují prostředky kolektivní ochrany.

Letální dávka – Množství bojové biologické látky, toxické chemické látky nebo dávky záření, které je pro organismus smrtelné. Označuje se symbolem LD, jenž se doplňuje indexem, který značí procento usmrcených jedinců z celého souboru. Případ, který je pro 50% jedinců z celého souboru smrtelný, se nazývá střední letální dávka.

Nebezpečná chemická látka – Vybraná nebezpečná chemická látka nebo chemický přípravek, který vykazuje jednu nebo více nebezpečných vlastností, klasifikovaných podle zákona č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích.

Objekt – Celý prostor, popřípadě soubor prostorů, v němž je umístěna nebezpečná látka v jednom nebo více zařízeních, včetně společných nebo souvisejících infrastruktur a činností, ve vlastnictví nebo v užívání provozovatele.

Ohrožení průmyslovými toxickými látkami – Nebezpečí, které plyne z možnosti úniku průmyslových toxických látek. Únik by způsobil otravy a kontaminaci osob, kontaminaci objektů a životního prostředí.

Prevence – Organizační a technická opatření nebo činnosti, jejichž cílem je předejít průmyslové havárii a vytvořit podmínky pro zajištění havarijní připravenosti.

Prostředky individuální ochrany – Prostředky určené k ochraně dýchacích cest, očí a povrchu těla osob proti zasažení radioaktivními, bojovými biologickými nebo toxickými chemickými látkami. Zahrnují ochranné prostředky dýchacích orgánů, ochranné brýle a různé typy ochranných prostředků povrchu těla, včetně ochranných masťů.

Provozovatel – Každá právnická osoba nebo fyzická osoba, která ke dni účinnosti zákona o prevenci závažných havárií užívá nebo bude užívat objekt nebo zařízení, v němž je nebo bude nebezpečná látka umístěna v množství stejném nebo větším, než je množství uvedené ve sloupci I tabulky I nebo tabulky II uvedených v příloze č. 1 k zákonu č. 59/2006 Sb.

Riziko závažné havárie – Pravděpodobnost vzniku závažné havárie a jejich možných následků, které by mohly nastat během určitého období nebo za určitých okolností.

Scénář – variantní popis rozvoje závažné havárie, popis rozvoje příčinných a následných na sebe navazujících a vedle sebe i posloupně probíhajících událostí, a to buď spontánně probíhajících a nebo probíhajících jako činnosti lidí, které mají za účel zvládnout průběh závažné havárie

Toxicita – Vlastnosti některých látek způsobovat po proniknutí do organismu chorobné změny nebo smrt.

Toxická dávka – Množství toxické chemické látky, které po vniknutí do organismu vyvolá příznaky otravy. Toxické dávky jsou prahové (PD), efektivní (ED), zneschopňující (ID) a smrtelné (LD). Indexem se vyjadřuje procento zasažených jedinců z celku. Toxická dávka se vyjadřuje v gramech nebo miligramech na jednotku hmotnosti anebo na hmotnost osoby.

Umístění nebezpečné látky – Projektované množství nebezpečné látky, která je nebo bude vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována v objektu nebo zařízení nebo která se může nahromadit v objektu nebo zařízení při vzniku závažné havárie.

Vyjádření veřejnosti – Písemné vyjádření každé fyzické osoby nebo právnické osoby k bezpečnostnímu programu prevence závažné havárie nebo bezpečnostní zprávě nebo vnějšímu havarijnímu plánu anebo jejich aktualizací v průběhu jejich veřejného projednávání.

Zařízení – Technická nebo technologická jednotka, ve které je nebezpečná látka vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována.

Závažná havárie – Mimořádná, částečně nebo zcela neovládatelná, časově a prostorově ohraničená událost, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu nebo zařízení, v němž je nebezpečná látka vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována a která vede k bezprostřednímu nebo následnému závažnému poškození nebo ohrožení života a zdraví občanů hospodářských zvířat, životnímu prostředí nebo ke škodě na majetku.

Zóna havarijního plánování - území v okolí objektu nebo zařízení, v němž okresní úřad, v jehož územním obvodu se nachází objekt nebo zařízení, kde je umístěna nebezpečná látka, uplatňuje požadavky havarijního plánování formou vnějšího havarijního plánu a v němž zajišťuje veřejné projednávání stanovených dokumentů.

Každá právnická osoba nebo podnikající fyzická osoba, která užívá objekt nebo zařízení, je povinna zpracovat seznam, ve kterém je uveden druh, množství, klasifikace a fyzikální forma všech nebezpečných látek umístěných v objektu nebo zařízení. Na základě seznamu pak navrhnout zařazení objektu nebo zařízení do příslušné skupiny v případě, kdy množství nebezpečné látky umístěné v objektu nebo zařízení je stejné nebo větší, než je množství uvedené v příloze č. 1 k tomuto zákonu v části 1 sloupci 1 tabulky I nebo tabulky II (viz. příloha 2) [9].

Dále je třeba vzít v úvahu skutečnost, že je-li v objektu nebo zařízení umístěno více nebezpečných látek v množství menším, než je uvedeno v příloze č. 1 k tomuto zákonu v části 1 sloupci 1 tabulky I nebo tabulky II, musí každá právnická osoba nebo podnikající fyzická osoba provést součet poměrných množství umístěných nebezpečných látek podle vzorce uvedeného v příloze č. 1 k tomuto zákonu v části 2 [9].

Znamená to tedy, že objekt nebo zařízení se zařadí do skupiny A podle přílohy 1, pokud:

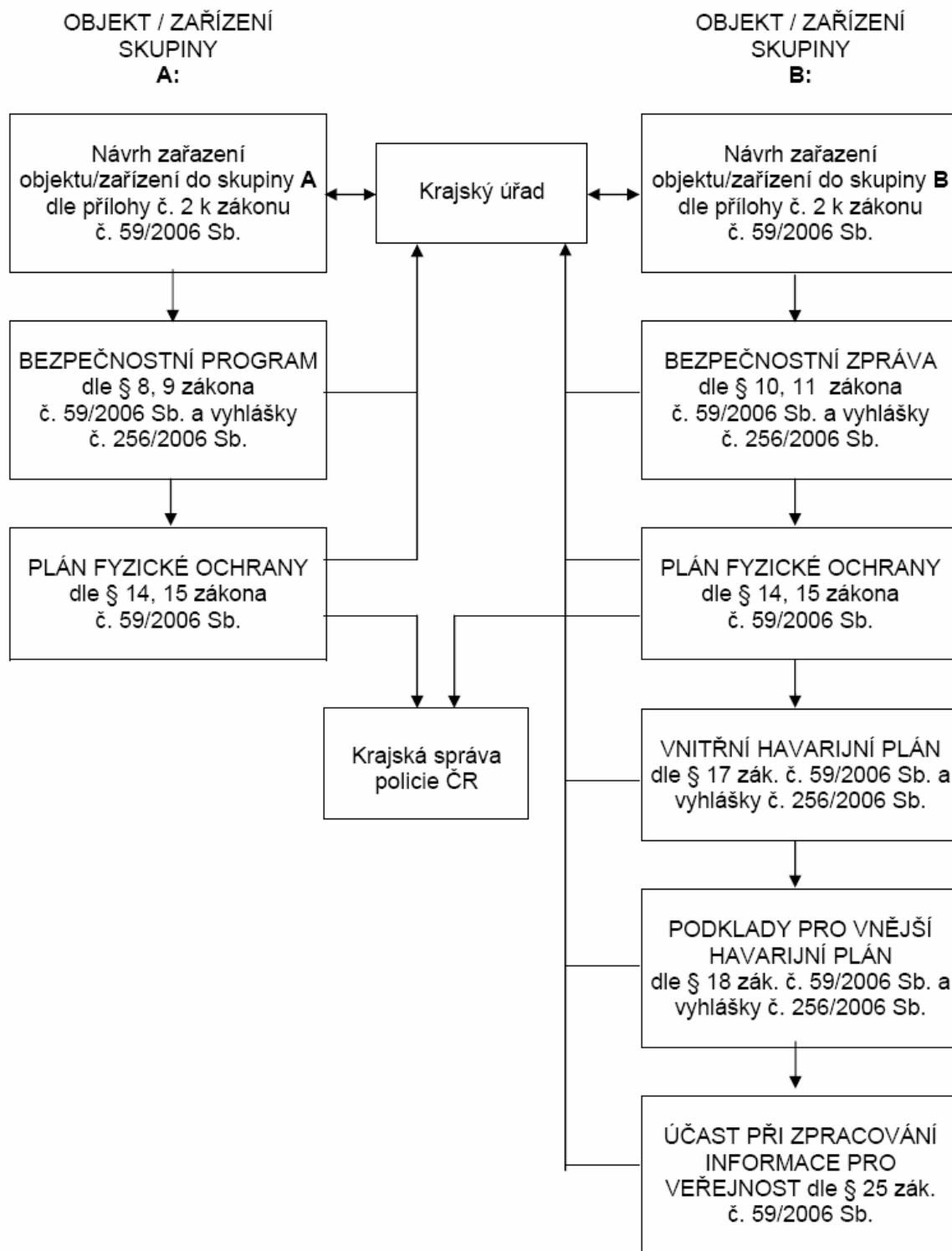
- množství nebezpečné látky umístěné v objektu nebo zařízení je stejné nebo větší, než je množství uvedené v příloze č. 1 k tomuto zákonu v části 1 sloupci 1 tabulky I nebo tabulky II a současně je menší než množství uvedené v příloze č. 1 k tomuto zákonu v části 1 sloupci 2 tabulky I nebo tabulky II,
- součet poměrných množství nebezpečných látek zjištěný podle přílohy č. 1 k tomuto zákonu v části 1 tabulce I a tabulce II podle vzorce a za podmínek uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu v části 2 je roven nebo je větší než 1 [9]

Objekt nebo zařízení se zařadí do skupiny B podle přílohy 1, pokud:

- množství nebezpečné látky umístěné v objektu nebo zařízení je stejné nebo větší, než je množství uvedené v příloze č. 1 k tomuto zákonu v části 1 sloupci 2 tabulky I nebo tabulky II [9]
- součet poměrných množství nebezpečných látek zjištěný podle přílohy č. 1 k tomuto zákonu v části 1 tabulce I a tabulce II podle vzorce a za podmínek uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu v části 2 je roven nebo je větší než 1 [9]

Jestliže právnická osoba nebo podnikající fyzická osoba, která užívá objekt nebo zařízení, zjistí, že se na ni nevztahují povinnosti navrhnout zařazení objektu nebo zařízení do skupiny A nebo skupiny B, ale množství nebezpečné látky umístěné v objektu nebo zařízení je větší než 2 % množství nebezpečné látky uvedené v příloze č. 1 k tomuto zákonu v části 1 sloupci 1 tabulky I nebo tabulky II, je povinna tuto skutečnost protokolárně zaznamenat, protokol včetně seznamu uložit pro účely předložení kontrolním orgánům a stejnopis protokolu včetně seznamu zaslat krajskému úřadu. A pokud množství nebezpečné látky umístěné v objektu nebo zařízení je menší nebo rovno 2 % množství nebezpečné látky uvedené v příloze č. 1 k tomuto zákonu v části 1 sloupci 1 tabulky I nebo tabulky II, je povinna tuto skutečnost protokolárně zaznamenat a protokol včetně seznamu uložit pro účely předložení kontrolním orgánům [9].

Na následujícím schématu (viz Obrázek 3.1.) jsou znázorněny základní povinnosti pro průmyslové podniky vyplývající ze zákona o prevenci závažných havárií.



Obrázek 3.1. Postup vypracování bezpečnostní dokumentace podle zákona o prevenci závažných havárií [8].

Každý provozovatel je rovněž povinen sjednat pojištění odpovědnosti za škody vzniklé v důsledku závažné havárie do 100 dnů od nabytí právní moci rozhodnutí krajského úřadu o schválení bezpečnostního programu nebo bezpečnostní zprávy; výše limitu pojistného plnění sjednaného provozovatelem musí odpovídat rozsahu možných dopadů závažné havárie, které jsou uvedeny ve schváleném bezpečnostním programu nebo ve schválené bezpečnostní zprávě. Dále musí sjednat pojištění před uvedením nového objektu nebo zařízení do zkušebního provozu a být pojištěn po celou dobu užívání objektu nebo zařízení. Místně krajskému úřadu je provozovatel povinen prokázat jak to, že pojištění uzavřel, tak i každou změnu v pojištění [9].

Povinnosti provozovatele

Provozovatel je povinen provést identifikaci zdrojů rizika, určit možné scénáře událostí a jejich příčin, které mohou vyústit v závažnou havárii a jejich dopad na zdraví a životy lidí, hospodářská zvířata, životní prostředí a majetek a přijmout odpovídající bezpečnostní opatření, aby míra rizika byla přijatelná. Způsob zpracování analýzy a hodnocení rizik závažné havárie stanoví prováděcím právním předpisem MŽP [4].

Návrh na zařazení objektu nebo zařízení do skupiny A nebo skupiny B je základním krokem, kterým provozovatel informuje orgány státní správy o tom, že identifikoval zdroje rizika, stanovil možné následky a odhadl pravděpodobnost vzniku závažné havárie [4, 9].

V oznámení uvede seznam umístěných látek podle jejich druhu a množství, zařazení objektu nebo zařízení do skupiny A nebo B a hodnocení rizik závažné havárie. Oznámení provozovatel předkládá krajskému úřadu v písemné a elektronické podobě podle vzoru uvedeného v příloze č. 2 k tomuto zákonu [4, 9].

Bezpečnostní program

Provozovatel objektu nebo zařízení zařazeného do skupiny A je povinen zpracovat bezpečnostní program prevence závažné havárie. Provozovatel zpracuje návrh bezpečnostního programu na základě výsledků analýzy a hodnocení rizik závažné havárie a uvede v něm zásady prevence závažné havárie, strukturu a systém řízení bezpečnosti zajišťující ochranu zdraví a životů lidí, hospodářských zvířat, životního prostředí a majetku. Na základě rozhodnutí krajského úřadu je provozovatel povinen do návrhu bezpečnostního programu zahrnout preventivní bezpečnostní opatření vztahující se k možnému vzniku domino efektu. Provozovatel objektu nebo zařízení zařazeného do skupiny A je povinen postupovat podle bezpečnostního programu tak, aby nebyl ohrožen život a zdraví lidí, hospodářských zvířat, životní prostředí a majetek [9].

Provozovatel je povinen předložit návrh bezpečnostního programu nebo jeho aktualizaci ke schválení krajskému úřadu [9].

Provozovatel je povinen prokazatelně seznámit zaměstnance v potřebném rozsahu se schváleným bezpečnostním programem a ostatní fyzické osoby zdržující se v objektu nebo u zařízení prokazatelně v potřebném rozsahu informovat o rizicích závažné havárie,

o preventivních bezpečnostních opatřeních a o jejich žádoucím chování v případě vzniku závažné havárie [4, 9].

Bezpečnostní zpráva

Provozovatel objektu nebo zařízení zařazeného do skupiny B je povinen zpracovat bezpečnostní zprávu. Množství nebezpečných látek je několikanásobně větší než u předchozí skupiny provozovatelů, a tedy i následky případné havárie mohou být závažnější. Dokument vychází opět ze systematického hodnocení problematiky, obsahuje všechny náležitosti bezpečnostního programu, ale je mnohem podrobnější [4].

V bezpečnostní zprávě provozovatel uvede informace o systému řízení, o složkách životního prostředí v lokalitě objektu nebo zařízení, dále technický popis objektu nebo zařízení, postup a výsledky identifikace zdrojů rizika (nebezpečí), analýz a hodnocení rizik a metody prevence, opatření pro ochranu a zásah k omezení dopadů závažné havárie [9].

Dále je provozovatel objektu nebo zařízení zařazeného do skupiny B povinen stanovit politiku prevence závažné havárie a zavést systém řízení bezpečnosti pro její provádění, vyhodnotit nebezpečí závažné havárie a navrhnout a zavést nezbytná opatření k zabránění vzniku těchto havárií, vypracovat zásady vnitřního havarijního plánu a poskytnout informace umožňující vypracování vnějšího havarijního plánu a zajistit odpovídající informování příslušných orgánů veřejné správy a obcí v okolí stávajících objektů nebo zařízení [4, 9].

Provozovatel je povinen předložit návrh bezpečnostní zprávy, její aktualizaci a zprávu o posouzení bezpečnostní zprávy krajskému úřadu ke schválení. Provozovatel, který bude užívat nový objekt nebo zařízení, je povinen předložit zprávu ke schválení spolu s prohlášením o předložení návrhu na vydání územního rozhodnutí o umístění objektu nebo zařízení, popřípadě o předložení žádosti o stavební povolení [9].

Provozovatel je povinen prokazatelně seznámit zaměstnance v potřebném rozsahu se schválenou bezpečnostní zprávou a ostatní fyzické osoby zdržující se v objektu nebo u zařízení prokazatelně informovat v potřebném rozsahu o rizicích závažné havárie, o preventivních bezpečnostních opatřeních a o jejich žádoucím chování v případě vzniku závažné havárie [4, 9].

Plán fyzické ochrany

Provozovatel objektu nebo zařízení, jež je zařazeno do skupiny A nebo skupiny B, je povinen zpracovat plán fyzické ochrany objektu nebo zařízení. Jsou zde uvedena bezpečnostní opatření, mezi které patří analýza možností neoprávněných činností a provedení případného útoku na objekt či zařízení, dále pak režimová opatření, fyzická ostraha a technické prostředky [9].

Plán fyzické ochrany a jeho změny zasílá provozovatel objektu nebo zařízení krajskému úřadu a Policii České republiky a provozovatel je povinen přijmout a zajistit bezpečnostní opatření pro fyzickou ochranu objektů nebo zařízení, aby zabránil vzniku závažných havárií a omezil jejich důsledky [4, 9].

Havarijní plánování

Provozovatel je povinen zpracovat vnitřní havarijní plán v součinnosti se zaměstnanci objektu nebo zařízení zařazeného do skupiny B a stanovit v něm opatření uvnitř objektu nebo zařízení při vzniku závažné havárie vedoucí ke zmírnění jejích dopadů. Provozovatel je povinen předložit vnitřní havarijní plán k evidenci a uložení krajskému úřadu a zajistit aktualizaci vnitřního havarijního plánu do 1 měsíce po každé změně druhu nebo množství umístěné nebezpečné látky přesahujícím 10 % dosavadního množství nebo po každé změně technologie, ve které je nebezpečná látka použita [9].

Vnitřní havarijní by měl obsahovat jména, příjmení a funkční zařazení fyzických osob, které mají pověření provozovatele realizovat preventivní bezpečnostní opatření. Scénáře možných havárií a popis možných dopadů závažné havárie. Popis činností nutných ke zmírnění dopadů závažné havárie a přehled ochranných zásahových prostředků, jimiž provozovatel disponuje. Způsob vyrozumění dotčených orgánů veřejné správy a varování osob, opatření pro výcvik a plán havarijních cvičení, spolupráci se složkami integrovaného záchranného systému [9].

Provozovatel je rovněž povinen na základě rozhodnutí krajského úřadu zahrnout do vnitřního havarijního plánu preventivní bezpečnostní opatření vztahující se k možnosti vzniku domino efektu, dále zvažovat ve vnitřním havarijním plánu také opatření na zmírnění dopadů závažné havárie a souvislosti umístění objektu nebo zařízení vzhledem k dopravní nebo technické infrastruktuře, sídelním útvarům nebo významným krajinným prvkům, zvláště chráněným územím a územím soustavy NATURA 2000. Měl by také zajistit prověření vnitřního havarijního plánu z hlediska jeho aktuálnosti nejméně jednou za 3 roky ode dne, kdy se stal vnitřní havarijní plán platným dokumentem a seznámit zaměstnance a ostatní fyzické osoby zdržující se v objektu nebo u zařízení o rizicích závažné havárie, o preventivních bezpečnostních opatřeních a o žádoucím chování v případě vzniku závažné havárie [4, 9].

Provozovatel objektu nebo zařízení zařazeného do skupiny B je rovněž povinen vypracovat a předložit krajskému úřadu písemné podklady pro stanovení zóny havarijního plánování a zpracování vnějšího havarijního plánu současně s předložením návrhu bezpečnostní zprávy a spolupracovat s krajským úřadem a jím pověřenými organizacemi a institucemi na zajištění havarijní připravenosti v oblasti vymezené vnějším havarijním plánem [4, 9].

Písemné podklady pro stanovení zóny havarijního plánování a zpracování vnějšího havarijního plánu musí obsahovat identifikační údaje provozovatele, popis závažné havárie, která může vzniknout v objektu nebo zařízení a jejíž dopady se mohou projevit i mimo objekt nebo zařízení, přehled možných dopadů závažné havárie, přehled preventivních bezpečnostních opatření, seznam a popis technických prostředků využitelných při odstraňování následků závažné havárie a další nezbytné údaje vyžádané krajským úřadem (např. podrobnější plán únikových cest a evakuačních prostorů) [4, 9].

Krajský úřad může s uvedením důvodů rozhodnout s ohledem na informace obsažené v bezpečnostní zprávě, že nebude pro objekt nebo zařízení zpracovávat vnější havarijní plán. Pokud krajský úřad rozhodl, že objekt nebo zařízení v blízkosti území sousedního státu

nemůže způsobit nebezpečí závažné havárie za hranicemi objektu nebo zařízení, a proto pro něj nebude zpracovávat vnější havarijní plán, zašle stejnopis svého rozhodnutí ministerstvu, dotčeným orgánům veřejné správy a dotčeným obcím. Ministerstvo na základě rozhodnutí krajského úřadu, že nebude zpracovávat vnější havarijní plán, uvědomí o tomto rozhodnutí sousední stát [9].

Zjistí-li krajský úřad, na jehož území se zdroj nebezpečí nachází, že by zóna havarijního plánování zasahovala na území dalšího kraje či více krajů, vyzve dotčený krajský úřad ke spolupráci na stanovení zóny havarijního plánování. Dotčený krajský úřad je povinen podílet se na stanovení zóny havarijního plánování. Dotčený krajský úřad, do jehož území zasahuje zóna havarijního plánování, zajistí zpracování dílčích částí vnějšího havarijního plánu a předá je krajskému úřadu, který zajišťuje zpracování vnějšího havarijního plánu [4, 9].

Účast a informování veřejnosti

Návrh bezpečnostního programu, bezpečnostní zprávy a vnějšího havarijního plánu nebo jejich aktualizaci zasílá krajský úřad k vyjádření dotčeným orgánům veřejné správy a dotčeným obcím. Obec pak oznamuje veřejnosti způsobem v místě obvyklým, kdy a kde lze do návrhů a jejich aktualizací nahlížet, činit si výpisy, opisy, popřípadě kopie. Účast veřejnosti na rozhodování tedy patří k důležitým aspektům ochrany zdraví občanů, životního prostředí a majetku. Na základě vyjádření veřejnosti a dotčených správních orgánů pak krajský úřad vydá souhlas s předloženým programem, bezpečnostní zprávou nebo vnějším havarijním plánem [9].

Provozovatel může z výtisků určených k veřejnému nahlížení vypustit, po projednání s krajským úřadem údaje, jejichž zveřejnění by mohlo vést k vyzrazení obchodního tajemství nebo utajovaných skutečností [9].

Veřejnost žijící v zóně havarijního plánování má nárok být informována o nebezpečí závažné havárie, včetně možného domino efektu, o preventivních bezpečnostních opatřeních, opatřeních na zmírnění dopadů a o tom, jak se mají chovat v případě havárie. Informace na základě získaných údajů z bezpečnostních zpráv a havarijních plánů poskytuje místně příslušný krajský úřad ve spolupráci s provozovatelem [4].

Pokud v objektu nebo zařízení dojde k závažné havárii je provozovatel povinen tuto skutečnost bezodkladně ohlásit příslušnému krajskému úřadu, dotčeným orgánům a obcím. V případě, že následky závažné havárie splňují kritéria stanovená v příloze č. 3 (např. úmrtí, zranění více osob, finanční škoda, poškození životního prostředí na rozsáhlém území), je provozovatel povinen zpracovat hlášení o vzniku závažné havárie do 24 hodin od jejího vzniku a do 3 měsíců od jejího vzniku zpracovat podrobnou zprávu o vzniku havárie a jejich dopadech [4, 9].

Výkon státní správy

Státní správu na úseku prevence závažných havárií v objektech nebo zařízeních, v nichž je umístěna nebezpečná látka, vykonávají hlavně Ministerstvo životního prostředí,

Ministerstvo vnitra a další orgány státní správy Český báňský úřad, Česká inspekce životního prostředí, krajské úřady, Státní úřad inspekce práce, správní úřady na úseku požární ochrany, ochrany obyvatelstva a integrovaného záchranného systému a krajské hygienické stanice [4,9].

Ministerstvo životního prostředí je ústředním správním úřadem na úseku prevence závažných havárií. Přezkoumává správní rozhodnutí vydaná Českou inspekcí životního prostředí a krajskými úřady. Zpracovává a vede souhrnnou evidenci návrhů zařízení, protokolů o nezařazení, bezpečnostních programů a bezpečnostních zpráv. Eviduje a vyhodnocuje konečné zprávy o vzniku a dopadech závažných havárií. Schvaluje roční plán kontrol u provozovatelů, eviduje a vyhodnocuje výsledky kontrol provedených u provozovatelů podle plánu kontrol [4].

Ministerstvo vnitra plní funkci kontaktního místa pro oznamování závažné havárie podle vyhlášených mezinárodních smluv. Určuje, který krajský úřad stanoví zónu havarijního plánování a vypracuje vnější havarijní plán, pokud objekt nebo zařízení, v němž je umístěna nebezpečná látka, se nachází na území dvou nebo více krajů a příslušné krajské úřady se nedohodly, který z nich stanoví zónu havarijního plánování a vypracuje pro ni vnější havarijní plán. Eviduje a ukládá písemné hlášení a konečnou zprávu o vzniku a dopadech závažné havárie [4, 9].

Český báňský úřad zajišťuje a poskytuje ministerstvu odbornou technickou podporu při posuzování a hodnocení úplnosti a odborné správnosti podkladů. Podílí se na odborné přípravě pracovníků pro působnost státní správy. [4, 9]

Česká inspekce životního prostředí zpracovává a projednává návrh ročního plánu kontrol. Kontroluje, jak provozovatel dodržuje ustanovení tohoto zákona, ukládá provozovatelům pokuty za porušení povinností. Zpracovává roční souhrnnou zprávu o provedených kontrolách a zasílá ji ministerstvu [4, 9].

Krajský úřad eviduje a schvaluje dokumentaci předkládanou provozovatelem a na základě údajů od provozovatele zpracovává dokumentaci pro okolí podniku. Zpracovává informace pro veřejnost v zóně havarijního plánování, podává Ministerstvu životního prostředí a Ministerstvu vnitra neprodleně písemné hlášení o vzniku závažné havárie a konečnou zprávu o vzniku a dopadech závažné havárie apod. [4, 9].

Do zákona jsou dále zapracovány principy pro provádění kontroly, oprávnění a povinnosti pracovníků kontroly.

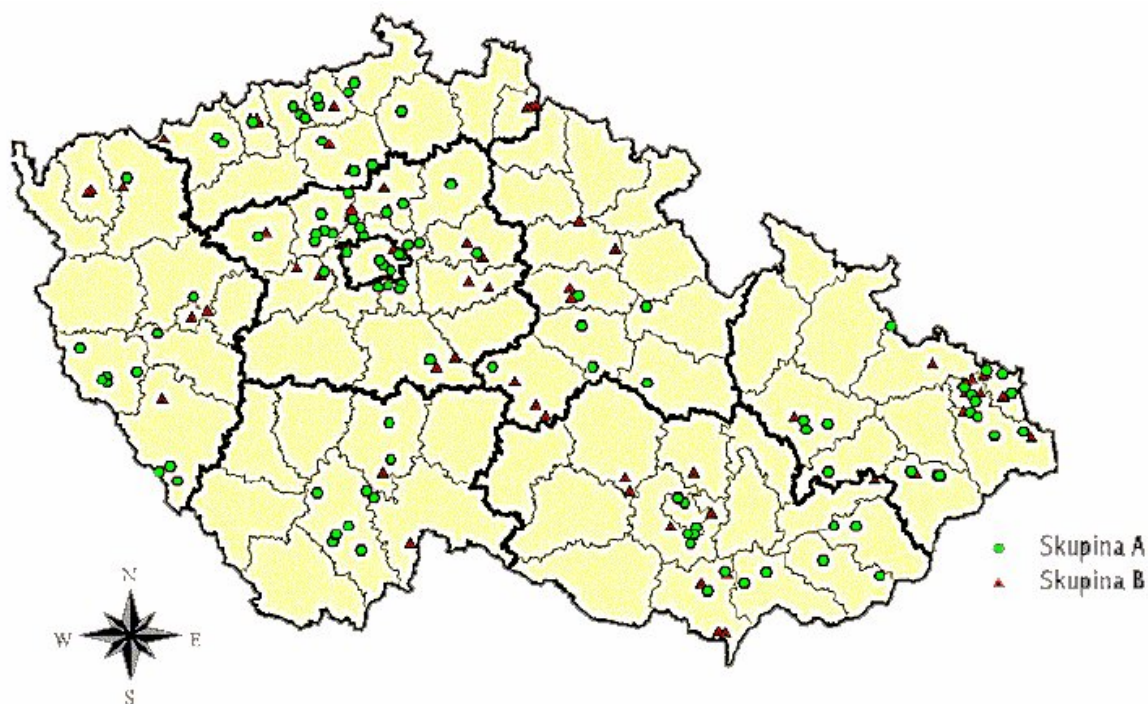
Kontrola u provozovatele, jehož objekt nebo zařízení je zařazeno do skupiny A, se provádí nejméně jednou za 3 roky. Kontrola u provozovatele, jehož objekt nebo zařízení je zařazeno do skupiny B, se provádí nejméně jednou ročně. Pověření zaměstnanci České inspekce životního prostředí, krajských úřadů a orgánů integrované inspekce vykonávající plánovanou kontrolu podle tohoto zákona jsou oprávněni při výkonu své kontrolní činnosti vstupovat v nezbytně nutném rozsahu na cizí stavby, do staveb a do cizích objektů, popřípadě vjíždět na cizí pozemky s vědomím jejich vlastníka. V případě, kdy je ohrožena bezpečnost, život a zdraví lidí nebo mohou vzniknout značné škody, mohou zaměstnanci provádějící kontrolu

tak učinit bez vědomí jejich vlastníka. Jsou však povinni jej neprodleně o provedených úkonech vyrozumět [9].

Pověření zaměstnanci k provedení kontroly mají právo požadovat potřebné údaje, doklady a nařídit provedení zkoušky a odebrání vzorků, popřípadě pořizovat fotodokumentaci a kopii dokumentace. Při provádění kontroly jsou pak povinni prokázat se služebním průkazem, zachovávat mlčenlivost o skutečnostech tvořících předmět obchodního tajemství, dodržovat bezpečnostní a další předpisy upravující činnost provozovatele, pořizovat protokol o provedených zkouškách a odběrech vzorků [9].

3.2. Plnění prevence závažných havárií

Na území České republiky je přibližně asi 150 průmyslových podniků zařazených do skupiny A nebo B, podle množství nebezpečných látek, které se v daném objektu nebo zařízení vyskytují (viz. Obrázek. 3. 2.).



Pozn.: stav z roku 2005 = 158 objektů - skupina A 81 objektů, skupina B 77 objektů

Obrázek 3. 2. Územní rozložení objektů v působnosti zákona č. 353/1999 Sb. [8]

Tento odhad byl korigován zaslanými oznámeními provozovatelů na příslušné okresní úřady v polovině roku 2000 a navíc byly tyto údaje podstatně a významně zpřesněny a doplněny a to především provozovateli skupiny B, kteří předali do 29. ledna 2002 podklady pro vnější havarijní plánování. Podáním jednotlivých oznámení vznikl úplný teritoriální přehled nebezpečných chemických látek a přípravků na území celého státu. V tomto souboru jsou obsaženy pouze limitní a nadlimitní množství jednotlivých látek podle množství která jsou zákonem stanovená. Vzniklý souhrn údajů o zdrojích rizik a jejich rozmístění na území

státu představuje velmi významný zdroj spolehlivých informací pro další rozvoj havarijního plánování a krizového managementu v České republice [6, 8].

Na straně druhé je ale řada menších podnikatelských subjektů, které mají nebezpečné chemické látky nebo přípravky, nicméně v podlimitním množství z hlediska zákona č. 59/2006 Sb. Je zřejmé, že i tato místa mohou představovat reálný zdroj rizika. Ovšem zákon ukládá takovým provozovatelům pouze zpracovat protokolární prohlášení o tom, že nespadají do skupiny A nebo B a zaslat toto prohlášení na místně příslušný krajský úřad [6, 8].

3.3. Klasifikace mimořádných událostí

Mimořádnou událostí se rozumí škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací [6].

Mimořádné události lze na základě podstaty jevů rozdělit do tří skupin [4]:

Přírodní mimořádné události vznikají působením přírodních sil, které jsou výsledkem změn akumulace energie uvnitř Země nebo na jejím povrchu. Formy stabilizace energetického potenciálu jsou ve své podstatě reprezentovány seismickou aktivitou, vulkanickou činností, svahovými sesuvy, pohyby vodní hladiny (povodně), extrémními meteorologickými jevy (větrné smrště, kalamitní sněhové srážky, abnormální sucha či vedra), které mohou být umocněny doprovodnými nebo následnými ději.

Antropogenní mimořádné události jsou důsledkem civilizačních aktivit. Podle oblasti lidské činnosti se rozlišují mimořádné události technogenní (technického původu, dopravní), environmentální atd. Mimořádné události technického původu jsou spojeny s využitím výrobního potenciálu a jejich příčina je v selhání lidského činitele nebo techniky. Zmíněné mimořádné události jsou prezentovány především jako požáry, výbuchy a výron škodlivin s uvolněním toxických látek. Většinou se ale jedná o kumulaci uvedených jevů.

Kombinované mimořádné události zahrnují přírodní mimořádné události vyvolané dlouhodobou či krátkodobou činností člověka a technogenní mimořádné události indukované stupňováním přírodního katastrofického jevu (zemětřesení → únik nebezpečných látek z objektu).

3.4. Rizika související s rozvojem průmyslové činnosti

Rozvoj průmyslové činnosti a růst kapacit výrobních jednotek sebou přináší i předpoklad zvýšeného nebezpečí úniku látek toxického, hořlavého nebo výbušného charakteru. Ty mohou při havárii negativně působit na životy a zdraví lidí a zvířat, a nebo uniknout do životního prostředí. Rozvoj průmyslu dále klade také náročnější požadavky na zabránění vzniku havárií. Z toho vyplývají vysoké nároky na kvalitu spolehlivosti provozu, protože v případě havárie se jedná nejen o hmotné škody, ale dochází také k ohrožení zdraví a životů lidí i životního prostředí.

Soudobé výrobní průmyslové linky se vyznačují některými společnými charakteristickými rysy jako jsou např. nepřetržitost výroby s dlouhým obdobím mezi plánovanými odstávkami, rostoucí výrobní kapacita linek, intenzifikace pochodů a z toho vyplývající náročnější podmínky, vzájemná integrovanost výrobních linek a integrace procesů.

Tyto trendy vývoje byly v určitém stadiu přerušeny několika závažnými průmyslovými haváriemi a začaly se objevovat jisté pochybnosti o správnosti nastoupené vývojové cesty a metodách zajišťování bezpečnosti. Ve vývoji formujícího se bezpečnostního inženýrství tak lze při zpětném pozorování frekvence havárií nalézt určitá charakteristická údobí. Nejprve to byla etapa tzv. „okrajového“ zájmu o bezpečnost, tedy období ojedinělých, byť závažných havárií následovanou etapou „zvýšeného“ zájmu o bezpečnost, která nastala po neočekávaných velkých světových haváriích se závažnými následky a dopady na veřejnost až po soudobou etapu „ekonomicky přijatelné“ bezpečnosti [10].

Složitější procesy však vyžadují složitější postupy pro zajištění bezpečnosti. Seznam významných průmyslových havárií, ekonomické ztráty, ztráty na lidských životech a dopady na životní prostředí jsou jistě dostatečně výmluvné. V praxi se lze setkat se stanoviskem, podle kterého bezpečnostní postupy představují omezení pro rozvoj chemického průmyslu. Čím je výrobní technologie složitější, tím podrobnější informace jsou potřebné pro zajištění bezpečnosti. Od roku 1950 bylo dosaženo významného pokroku v rozvoji bezpečnosti chemického procesu. V současnosti je bezpečnost považována za důležitou vlastnost výrobních technologií a bezpečnostní inženýrství se rozvinulo ve vědeckou disciplínu, která zahrnuje mnoho složitých teorií i praktických poznatků [10].

K větším haváriím, především v chemických provozech, dochází zpravidla tehdy, když se sečte řada chyb, jež se samy o sobě zdají nepodstatné. Proto je důležité v rámci postupu při analýze rizika technologických procesů identifikovat nebezpečí, či-li podmínku nebo příčinu havárie, a stanovit opatření k omezení a odvrácení nebezpečí i souvisejících rizik následků havárií.

Z výsledků analýz 530 havárií, které provedl Institut National Del' Environnement Industriel Et Des Risques vyplývá, že jako nejčastější příčiny a následky havárií jsou tyto:

Příčiny

- vady materiálu (48%)
- lidská chyba (31%)
- chemická reakce (12%)
- jiné příčiny (18%)
- vnější vlivy (7%) [10]

Následky

- toxické emise (21%)
- požáry (21%)
- znečištění ovzduší (17%)
- exploze (12%)
- kontaminace vody (45%) [10]

Je vhodné provést podrobnější rozbor nejčastěji se vyskytujícími poruchami zařízení, odchylek od technologií a chyb obsluhy.

Poruchy zařízení

Základní podmínkou pro bezpečný pracovní postup je, že používaná zařízení musí vydržet provozní zatížení, jsou – li v něm jakékoliv potenciální nebezpečné látky. Hlavními příčinami poruch jsou pak zejména nevhodné zajištění proti vnitřnímu přetlaku, vnějším vlivům, korozivním látkám a teplotě. Dále mechanické porušení nádob a potrubí v důsledku koroze nebo vnějšího rázu, poruchy pomocných zařízení jako jsou čerpadla, kompresory, míchadla apod. Poruchy řídicích systémů tlakových a teplotních čidel, sledování hladiny, průtokoměrů, řídicích jednotek a procesních počítačů. Poruchy bezpečnostních systémů, mezi něž patří bezpečnostní a pojistné ventily, membrány, inertizační systémy atd., a v neposlední řadě pak poruchy svárů a přírub [2, 11].

Každá z těchto příčin může vést k havárii závažnějšího charakteru. Jestliže je hodnocení nebezpečí prováděno ve stádiu projektování zařízení, je třeba rozhodnout, které poruchy vyžadují další bezpečnostní opatření a kdy musí být změněn nebo upraven projekt [2, 3, 11].

Odchyly od normálních provozních podmínek

Na rozdíl od poruch zařízení, jimž se dá vyhnout jejich vhodnou volbou nebo údržbou, odchylky od normálních pracovních podmínek vyžadují hlubší ověření a prozkoušení pracovních postupů. Vyskytují se následující chyby a poruchy, jež způsobují odchylky od normálních provozních podmínek. Jsou to především poruchy v monitorování rozhodujících provozních parametrů (tlak, teplota, průtok, množství, směšovací poměry), poruchy v manuální dodávce chemických látek, poruchy pomocných zařízení jako je nedostatečný odvod tepla při exotermických reakcích, nedostatečný přívod páry nebo teplotně látky, přerušení přívodu elektrické energie, přívodu dusíku a dodávky stlačeného vzduchu. Dále se jedná o poruchy při najíždění a odstavování procesů, které by mohly vést ke vzniku hořlavého či výbušného prostředí ve výrobním zařízení a tvorba vedlejších produktů, zbytků nebo nečistot, jež by mohly zapříčinit nežádoucí vedlejší reakce [2, 3].

Následky těchto poruch mohou být hodnoceny pouze po odzkoušení chování celého systému. Požadavky mohou být zajištěny spolehlivým řízením procesu, dobře zpracovanými pracovními postupy, řádnou kontrolou a vhodným prováděním revizí zařízení [11].

Organizační a lidské chyby

Lidská schopnost provozovat nebezpečná zařízení má význam nejen pro výrobní zařízení, které vyžadují hodně manuálních operací, ale také pro vysoce automatizované provozy, vyžadující lidský zákrok pouze v naléhavých případech. Mezi nejčastější chyby personálu pak patří především chyby operátora, vypnutý bezpečnostní systém kvůli častým poplachům, záměna nebezpečných látek, komunikační chyby, nevhodná oprava nebo údržba a neodborné svařování. Tyto chyby se projevují, protože personál si není vědom nebezpečí, je nedostatečně vyškolen pro určitý druh práce a protože od personálu se příliš mnoho očekává [3, 11].

Nezbytné charakteristické rysy managementu personálu na pracovišti se zvýšeným nebezpečím, jež by omezily chyby člověka a organizační chyby, představují především pečlivý výběr personálu a jeho pravidelný výcvik v souladu s přesnými pracovními instrukcemi [2].

3.5. Závažné havárie a jejich jevy

Průmysl chemie, kde rizika jsou nejmarkantnější, lze havárie rozřadit do několika dominantních skupin, mezi něž hlavně patří:

- mechanické poškození a zřícení objektů
- dopravní nehody
- popálení žíravými látkami při rozprašování a rozstřiku
- požáry
- výbuchy
- uvolnění významných toxických látek

Zejména poslední tři uvedené skupiny mohou způsobit nárůst závažných havárií se značnými následky, jako jsou mnohonásobné smrtelné nehody a závažné environmentální události. Je tedy třeba uvědomit, že požár a výbuch může být rovněž počátečním stádiem závažné environmentální havárie [2].

Těmto druhům havárií je věnována zvýšená pozornost už od 70. let. Celá řada technologií způsobuje dlouhodobé znečišťování životního prostředí, avšak jsou to zejména náhodné úniky látek z technologických procesů, které nejvíce přispívají k následkům vedoucím k znečištění ovzduší, půdy i vodních toků [2].

Rozvoj v oblasti bezpečnosti práce ve světě v posledních 20 – 30 letech vede k stálému poklesu průměrného počtu smrtelných úrazů. Nicméně ve stejném období dochází k trvalému zvyšování míry úniku toxických látek a zvyšování průměrných ztrát především v chemických a petrochemických závodech. Tyto závody pak představují hlavně zvýšené riziko vzniku požáru z důvodu přítomnosti vysoce hořlavých látek a používání hořlavých rozpouštědel [2].

Požáry mohou vznikat při neopatrné manipulaci s otevřeným ohněm v přítomnosti hořlavého materiálu, zkratem v přítomnosti hořlavých látek, z důvodu samovznícení

přítomných látek, mechanickým působením materiálů vůči sobě s následným vznikem vysokých teplot, iniciací produktů vznikajících při biologických procesech, ve všech technologických spalovacích procesech, při prudkých chemických reakcích apod. Důvodem může být i cílená diverzní a teroristická činnost [4].

Při úniku hořlavé kapaliny z potrubí za vysokého tlaku dochází buď k rozstříkávání nebo k úniku proudem, což pak vede k tzv. „jet fire“ požáru výronu kapaliny, ale i plynu pod vysokým tlakem, např. úniky na plynovodech. Tyto požáry mohou být velmi intenzivní, ohrožují okolí vlivem sálavého tepla, mohou působit na zařízení a způsobit poškození vedoucí k ještě větším únikům [2].

Úniky hořlavých plynů a par hořlavých kapalin při teplotě nižší než je jejich teplota varu probíhají zcela odlišně. Při výronu se hořlavé plyny a páry hořlavých kapalin mísí se vzduchem turbulentně a vytvářejí koncentrace zpravidla pod dolní hranicí výbušnosti, na rozdíl od vroucích kapalin nebo zkapalněných plynů, kdy je vznik takové situace nepravděpodobný. Jakmile je únik ukončen, plyn se bude rozptylovat ve směru proudění vzduchu. Lehké plyny, jako je například zemní plyn nebo amoniak stoupají vzhůru a šíří se vzdušnou turbulencí.

Vyšší uhlovodíky, jako propan, butan atd. a většina zkapalněných plynů, jejichž směsi se vzduchem jsou těžší než vzduch, se šíří jako oblak při zemi a jejich rozptyl je mnohem pomalejší. Hořlavé plyny mohou být iniciovány buď přímo u zdroje úniku (v případě, že nedojde k vytvoření oblaku), nebo na okraji oblaku [2, 4].

Druh požáru závisí značně na množství vzduchu, který je k dispozici pro směšování s plynem. Je – li toto množství nízké (úniky za nízkých tlaků, úniky do ohraničených prostor, úniky kryogenních kapalin), pak k iniciaci dojde na okraji oblaku. Častěji se požár šíří zvyšující se turbulencí a směšováním se vzduchem. Je-li hořící množství velké, může vytvořit ohnivou kouli, tzv. „fire ball“ [2, 4].

Mezi obecné projevy požáru patří zejména tepelná radiace, která škodlivě působí na všechny živé organismy, stavby, zařízení a způsobuje značné materiální škody. Následně může způsobit i výbuchy, znečištění a zamoření životního prostředí. V poslední době je opakovaně zdůrazňováno, že toxické zplodiny, vznikající při požárech, představují závažný problém. V mnoha případech se nad hladinou kapaliny vytváří množství toxických zplodin způsobujících akutní otravu. Vývin toxických zplodin hoření může vést k nutnosti evakuace osob. Nejvýznamnější zdroje rizika závažných požárů pak představují:

- hořlavé látky v technologických procesech
- sklady hořlavých látek
- čerpací stanice pohonných hmot
- sklady plastických materiálů

Požáry tedy ovlivňují životy a majetky lidí, životní prostředí, závažné jsou i lesní požáry, které mohou ohrozit průmyslové objekty, sklady, produktovody apod. [2, 4].

Výbuchy jsou náhlé mimořádné události s rychlou dobou průběhu a s krátkou dobou trvání, avšak se značným destruktivním účinkem. Častým jevem je pak vznik DOMINO efektu, kdy při velkých požárech a výbuších v provozu je možné, že budou zasaženy i jiné provozy a havárie se pak šíří z jednoho zařízení na další [2].

K výbuchu dochází při splnění základních podmínek pro výbuch. To znamená vzniku výbušné směsi plynů nebo par hořlavých kapalin nejčastěji se vzduchem a její iniciace. Oblaka hořlavých plynů i par v budovách mohou za určitých podmínek vybuchovat velmi intenzivně, tzv. „výbuchy ohraničených oblaků“. V uzavřeném prostoru je podmínkou vytvoření výbušné směsi a její iniciace. Na volném prostranství musí být splněno více faktorů, ale pro uhlovodíkové plyny je rozhodující především velké množství uniklé látky. Minimální množství pro uhlovodíky je 1000 kg v plynném stavu, pro vodík a metan však pouze 100 kg. V zařízeních chemické technologie může dojít k výbuchu v důsledku „runaway“ reakcí, což je nežádoucí reakce nebo příliš rychlý průběh žádoucích reakcí a nebo v důsledku vniknutí vzduchu do zařízení. Některé výbuchy mohou být velmi intenzivní a ovlivní celé okolí závodu (například při nitraci) [4].

Jedním z velmi prudkých typů havárií je tzv. jev „BLEVE“ (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion). Charakteristické rysy tohoto jevu jsou následující. Začíná požárem v okolí tlakové nádoby obsahující zkapalněné uhlovodíkové plyny nebo hořlavé kapaliny s podobnými vlastnostmi. V důsledku nárůstu tlaku dojde k otevření pojistného ventilu (tlakové pojistky). Jestliže nádoba není dostatečně chlazená, dochází k jejímu přehřátí a porušení struktury. Značná část obsahu uniká ve tvaru velkého oblaku plynů a par kapaliny, směřujícího se prudce se vzduchem. Celý obsah velké nádoby může být iniciován do 40 sekund. Je to tedy jev způsobený uvolněním vzkypělého obsahu nádoby s hořlavou kapalinou či zkapalněným plynem a jejich distribucí do okolí se současným hořením obalové vrstvy [2, 4].

Výbuch mohou způsobit i směsi prachů se vzduchem a aerosolové směsi jako například jemně mletá mouka, cukerný prach, uhelný prach, aerosoly velmi těkavých kapalin, rozemleté organické a anorganické látky. Iniciátorem se může stát elektrická jiskra, otevřený plamen, elektrostatické výboje, rozžhavené předměty apod. důvodem může být i cílená diverzní a teroristická činnost [4].

Úniky toxických plynů, ke kterým dochází při poruchách zařízení nebo odchylkách od technologického procesu, obecně spadají do jedné ze dvou následujících kategorií. Lehké plyny, např. amoniak, zpočátku stoupají vzhůru a později difundují neutrálně. Uniklé zkapalněné plyny při směšování se vzduchem tvoří se vzduchem těžké směsi. Těžké plyny, jako je například chlór, a směsi se šíří horizontálně a mohou být větrem zaneseny do obydlených oblastí nebo se hromadí v prohlubních, takže riziko zasažení osob je mnohem větší [2, 4].

Úniky toxických kapalin z potrubí při výrobě nebo během dopravy jsou téměř vždy nebezpečné pro životní prostředí, např. pro vodní zdroje nebo pro zemědělskou půdu. Následkem úniku a šíření toxických látek může být smrt, nevratné poškození zdraví lidí,

zamoření životního prostředí, závažné narušení hospodářské činnosti i nutnost evakuace obyvatelstva [2, 4].

Zvýšená pozornost musí být věnována i bezpečnosti při *přepravě nebezpečných látek*. Je nutno zdůraznit, že se nejedná pouze o problematiku České republiky, ale o celoevropský nebo spíše celosvětový problém. Přeprava souvisí s výrobou, využíváním a skladováním nebezpečných látek. Je třeba si uvědomit, že když např. chemický výrobek opustí teritorium chemického závodu, dostává se do laického prostředí a v případě nehody nejsou obvykle v dosahu specialisté, kteří by měli potřebné znalosti a specializované informace [1, 4, 12].

I přes platnost mezinárodních dohod a jejich zakotvení v české legislativě (Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí, tzv. ADR a Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečného zboží, tzv. RID), je mnozí dopravci nedodržují nebo podceňují. K těmto typům havárií může dojít prakticky kdekoliv a v kteroukoliv dobu. Na případné ohrožení obyvatelstva bude mít vliv množství a druh látky i způsob porušení přepravního obalu. Jedná se především o únik toxických, radioaktivních nebo hořlavých látek při dopravní havárii [4, 12].

Následkem těchto dopravních havárií může být rozsáhlý požár v sídelní nebo průmyslové aglomeraci, zamoření ovzduší chemickými nebo radioaktivními látkami, zamoření zdrojů vody, zemědělských ploch apod. Může dojít ke zranění nebo úmrtí osob právě následkem těchto sekundárních účinků [1, 4].

3.6. Nebezpečné chemické látky a přípravky

3.6.1. Úvod k nebezpečným chemickým látkám

Chemický průmysl vyrábí a expeduje každým dnem značné množství chemických látek a přípravků, které se staly součástí našeho života a představují pro člověka závažná rizika. Řada z těchto látek má toxické, karcinogenní či mutagenní účinky na živý organismus. Dále mohou zapříčinit vznik požáru a výbuchu, přičemž rovněž vznikající toxické zplodiny rozkladu a hoření negativně působí na člověka i životní prostředí. Rovněž mohou způsobit poleptání a mít oxidační účinky [13].

Problematika toxických účinků látek je velmi široká a zasahuje do mnoha vědních oborů. Rozsáhlý rozvoj chemických technologií neohraničuje možnosti používání stále nových toxických sloučenin. Na druhé straně klade tento aspekt stále vyšší nároky nejen na bezpečnost technologií, ale i na správní úřady, které musí vytvářet odborné i legislativní nástroje pro maximální omezení toxických účinků látek na člověka a životní prostředí [6, 14].

Z hlediska množství a četnosti svého výskytu se mezi nejvýznamnější průmyslové toxické látky řadí zejména chlór a čpavek, následovaný kyanovodíkem, fosgenem, formaldehydem, sirovodíkem, sirouhlíkem, bromem, ethylenoxidem, oxidem uhelnatým atd. [6, 14].

Některé z nebezpečných látek nejsou nebezpečné pouze možností svého toxického působení v rozsáhlých oblastech v okolí místa výronu, ale že mohou okolí místa havárie

ohrozit i jinými způsoby, např. možností výbuchu nebo požáru. Jako látky hořlavé a výbušné zde mohou být jmenovány hlavně zemní plyn, propan – butan, ethylen, acetylén, ropné látky a další. Samozřejmě se vyskytují některé nebezpečné chemické látky, které mohou mít více nebezpečných vlastností, příkladem může být oxid uhelnatý, který je jak hořlavý a výbušný, tak toxický plyn [6].

3.6.2. Klasifikace nebezpečných chemických látek

Nebezpečné chemické látky a přípravky se obecně rozdělují do jednotlivých tříd podle nebezpečnosti. Přesná klasifikace nebezpečných chemických látek a přípravků se pak provádí podle zákona č. 356/2003 Sb. o chemických látkách a přípravcích, kde jsou rozřazeny takto [15]:

Výbušné – pevné, kapalné, pastovité nebo gelovité látky, které mohou exotermně reagovat i bez přístupu vzdušného kyslíku, přičemž rychle uvolňují plyny, a které, pokud jsou v částečně uzavřeném prostoru, za definovaných zkušebních podmínek detonují, rychle shoří nebo po zahřátí vybuchují.

Oxidující – látky a přípravky, které vyvolávají vysoce exotermní reakci ve styku s jinými látkami, zejména hořlavými.

Extrémně hořlavé – kapalné látky a přípravky, jež mají extrémně nízký bod varu a nízký bod vzplanutí a nebo plynné látky a přípravky, které jsou hořlavé ve styku se vzduchem při pokojové teplotě a tlaku.

Vysoce hořlavé – mezi ně patří látky a přípravky, které se mohou samovolně zahřívat a nakonec se vznítí ve styku se vzduchem při pokojové teplotě bez jakéhokoliv dodání energie. Dále pak pevné látky a přípravky, které se mohou snadno zapálit po krátkém styku se zdrojem zapálení a které pokračují v hoření nebo vyhořely po jeho odstranění. Kapalně látky a přípravky, které mají velmi nízký bod vzplanutí a látky a přípravky, které ve styku s vodou nebo vlhkým vzduchem uvolňují vysoce hořlavé plyny v nebezpečných množstvích.

Hořlavé – kapalně látky nebo přípravky, které mají nízký bod vzplanutí.

Vysoce toxické – látky nebo přípravky, které při vdechnutí, požití nebo při průniku kůže ve velmi malých množstvích způsobují smrt nebo akutní nebo chronické poškození zdraví.

Toxické – látky nebo přípravky, které při vdechnutí, požití nebo při průniku kůže v malých množstvích způsobují smrt nebo akutní nebo chronické poškození zdraví.

Zdraví škodlivé – látky nebo přípravky, které při vdechnutí, požití nebo při průniku kůže mohou způsobit smrt nebo akutní nebo chronické poškození zdraví.

Žíravé – látky nebo přípravky, které mohou zničit živé tkáně při styku s nimi.

Dráždivé – látky nebo přípravky, které mohou při okamžitém, dlouhodobém nebo opakovaném styku s kůží nebo sliznicí vyvolat zánět a nemají žravé účinky.

Senzibilující – látky nebo přípravky, které jsou schopné při vdechování, požití nebo při styku s kůží vyvolat přecitlivělost, takže při další expozici dané látky nebo přípravky vzniknou charakteristické nepříznivé účinky.

Karcinogenní – látky nebo přípravky, které při vdechnutí nebo požití nebo průniku kůží mohou vyvolat rakovinu nebo zvýšit její výskyt.

Mutagenní – látky nebo přípravky, které při vdechnutí nebo požití nebo průniku kůží mohou vyvolat dědičné genetické poškození nebo zvýšit její výskyt.

Toxické pro reprodukci – látky nebo přípravky, které při vdechnutí nebo požití nebo průniku kůží mohou vyvolat nebo zvýšit výskyt nedědičných nepříznivých účinků na potomstvo nebo zhoršení mužských nebo ženských reprodukčních funkcí nebo schopností.

Nebezpečné pro životní prostředí – látky nebo přípravky, které při vstupu do životního prostředí představují okamžité nebo pozdější nebezpečí pro jednu nebo více složek životního prostředí.

Z hlediska nebezpečných průmyslových látek se jako nejrizikovější jeví látky hořlavé, výbušné a především pak látky toxické.

Jako nejrozšířenější hořlavé látky se dnes vyskytují především různé druhy motorové nafty, automobilových benzinů a lehkých topných olejů. Dále pak toluen, benzen, lehké topné oleje, kyanovodík, sirouhlík, fosfor, methanol, ethanol, aceton a další hojně používané látky. Při haváriích je pak hoření látek jedním z nejničivějších faktorů těchto událostí. Podle teploty vzplanutí se pak látky řadí do jednotlivých tříd nebezpečnosti, které jsou čtyři. Mezi nejnebezpečnější pak patří hořlaviny I. třídy, jelikož jejich teplota vzplanutí je menší než 21 °C a představují tak největší riziko případné havárie [6].

Mezi výbušné látky patří takové, které ve směsi se vzduchem v přítomnosti otevřeného plamene vybuchují. Jako iniciátor ale mohou sloužit také horké povrchy, jiskry, zapálená cigareta apod. Aby k výbuchu došlo, je nutné dosažení určité koncentrace plynů nebo par látky v ovzduší. Koncentrační rozpětí, ve kterém páry látky ve směsi se vzduchem vybuchují, se označuje jako oblast výbušnosti. Spodní hodnota koncentrace této oblasti se nazývá dolní hranice výbušnosti, horní hodnota pak horní hranice výbušnosti. Samozřejmě ty látky, které mají velmi nízkou dolní hranici výbušnosti patří k nejnebezpečnějším. Jsou to například známé a široce využívané plyny jako methan, svítiplyn, propan-butan, acetylen, vodík a spousta dalších [6].

3.7 Charakteristika základních fyzikálních veličin používaných k popisu fyzikálních vlastností nebezpečných škodlivin

Fyzikálně – chemické vlastnosti nebezpečných látek jsou důležitými faktory pro hodnocení otázek ohrožení obyvatelstva při provozních haváriích spojených s jejich výronem [13].

Molová hmotnost – hmotnost soustavy o látkovém množství 1 mol. Látky s vyšší molovou hmotností mají zpravidla nižší difúzní koeficient a hůře difundují a tím se i v plynném prostředí hůře naředí, což je z hlediska tvorby výbušných směsí velmi důležité, zejména v provozech se šachtami, kanály a jinými prostory se sníženou úrovní terénu [13].

Měrná hmotnost plynné fáze – udává měrnou hmotnost páry (plynu), vztaženou k měrné hmotnosti vzduchu za stejného stavu (rovna 1). Látky s hodnotou menší než 1 mají snahu vystupovat nahoru, látky s hodnotou větší než 1 se drží při zemi [13].

Tlak nasycených par – maximální množství par, vyjádřené parciálním tlakem látky v daném systému, který se může nad povrchem látky při daných podmínkách vytvořit. Z tlaku nasycených par je možné pro dané podmínky, teplotu a tlak, vypočítat koncentraci plynné hořlavé složky v obj. % i v g.m^{-3} , která může být dosažena [13].

Teplota varu – je teplota, při které látka dosahuje tlaku nasycených par, který je roven tlaku okolního prostředí. Obecně platí, že čím má hořlavá kapalina nižší teplotu varu, tím je tvorba výbušné směsi pravděpodobnější [13].

Teplota vzplanutí – nejnižší teplota, při které hořlavá látka za normálního tlaku vyvine tolik hořlavých par, že tyto ve směsi se vzduchem při krátkodobém přiblížení přesně definovaného otevřeného plamene krátce vzplanou, ale dále nehoří. Při teplotách pod bodem vzplanutí není možné zapálení látky, protože tlak jejích par je příliš malý k tomu, aby se vytvořily zápalné směsi par se vzduchem [13].

Teplota hoření – nejnižší teplota hořlavé látky, při níž se tvoří tolik hořlavých par, že se tyto páry při přiblížení otevřeného plaménku vznítí a samy dále hoří. Při dosažení teploty hoření je rychlost odpařování nejméně tak velká, jako rychlost spalování, takže páry se dále tvoří v dostatečném množství a spontánní spalování se dále udržuje [16].

Teplota vznícení – je nejnižší teplota, při které se za definovaných zkušebních podmínek hořlavá látka ve směsi se vzduchem sama bez iniciace vznítí. Jako vznícení se označuje začátek chemické reakce směsi plynu nebo páry se vzduchem za objevení se otevřeného plamene. Při stanovení této veličiny se vznícení vyvolává pouze působením tepla, nikoliv otevřeným plamenem nebo jiskrou [16].

Oblast (meze) výbušnosti – oblast koncentrací směsi plynu, páry nebo prachu se vzduchem, ve které směs při zapálení zdrojem vznícení vybuchuje. Přitom se hoření samo šíří velkou rychlostí, aniž by se po zapálení musela přidávat další energie a vzduch. Mezní koncentrace oblasti výbušnosti se označují jako dolní (nejnižší koncentrace hořlavého plynu) a horní (nejvyšší koncentrace hořlavého plynu) mez výbušnosti [16].

Všechny hořlavé látky jsou ve směsi se vzduchem zapalitelné jen uvnitř oblasti výbušnosti. Pokud je koncentrace pod dolní mezí výbušnosti, není tato směs ani výbušná, ani hořlavá. Pokud je koncentrace směsi nad horní mezí výbušnosti, je směs hořlavá jen za přístupu vzduchu, ale snadno se může stát výbušnou po odpovídajícím zředěním se vzduchem. Čím větší je oblast výbušnosti, tj. rozmezí mezi dolní a horní mezí výbušnosti, tím je látka nebezpečnější [16].

3.8. Toxické látky

V průmyslu se toxické látky používají velmi hojně a k nejrůznějším účelům. Mnoho z nich je na území České republiky skladováno a přepravováno v zásobnících a cisternách o obsahu desítek až stovek tun. Jedná se především o chlor a čpavek.

Chlor se nejčastěji vyskytuje v provozech chemického, papírenského a dřevozpracujícího průmyslu a v podnicích příbuzných odvětví. Dále pak v chemické výrobě anorganických i organických sloučenin a desinfekci pitné vody. Rovněž po železnici je chlor transportován ve značných množstvích, a to v železničních cisternách, obsahujících až 45 tun zkapalněného chloru [6, 13, 16].

Amoniak je rozšířen nejhojněji. Používá se při výrobě umělých hnojiv, kyseliny dusičné, amonných solí a nachází široké uplatnění jako chladicí médium v zařízeních typu zimních stadiónů, jatek, mlékáren a potravinářských provozů [6, 13].

Dalšími vysoce toxickými látkami skladovanými u nás v největším množství jsou sirouhlík, formaldehyd, kyanovodík, sulfan, fosgen, fluorovodík, chlorovodík a řada dalších. Při obrovských skladovaných množstvích potom havárie zásobníku, skladu či dopravního prostředku znamená pro obyvatelstvo i obsluhu vážné nebezpečí [6].

Také sklady agrochemikálií představují významné nebezpečí. Jedná se především o přípravky na ochranu rostlin. Při požáru nebo vyplavení takového skladu dochází k ohrožení zdraví lidí a životního prostředí toxickými látkami a přípravky majícími specifické použití.

Toxické působení hořlavých kapalin je také potřeba brát v úvahu při posuzování jejich nebezpečí. Při jejich působení na organismus záleží nejenom na druhu hořlavé kapaliny, ale i na cestě, kterou do organismu vstupuje, a i na množství. Z hořlavých kapalin, s nimiž člověk přichází nejčastěji do styku, lze v první řadě uvést alifatické a aromatické uhlovodíky. Nižší uhlovodíky snadno rozpouštějí tuky a tímto účinkem především odmašťují kůži. Podobný odmašťující účinek mají i jiné hořlavé kapaliny, které jsou součástí rozpouštědel např. v gumárenském průmyslu (aceton, ethylacetát, isopropylalkohol, butanol, chlorované uhlovodíky). Daleko závažnější je ale narkotický účinek těchto látek. Při vdechování jejich par dochází k narkóze v důsledku útlumu některých míst centrální nervové soustavy. Narkotické účinky par hořlavých kapalin se výrazně projevují při práci v nádržích a aparátech nedostatečně vyčištěných od zbytků kapalin a nedostatečně vyvětraných. Mohou se však vyskytnout i při úniku většího množství par těchto kapalin ze zařízení, zvláště při jejich zpracování za vyšších teplot. Vysoké koncentrace par často způsobují kromě narkózy i křeče. Mezi další negativní vlivy patří především dráždivost očí a dýchacích cest, včetně plic [6, 13, 16].

Vysoce toxické látky mohou vznikat i při hoření nejběžnějších věcí denní potřeby. Přičemž mezi tzv. dominantní plynné toxické zplodiny hoření patří především oxid uhelnatý, chlorovodík a eventuálně i amoniak. Ale nemusí se vždy jednat pouze o tyto produkty. Například při hoření některých umělých vláken se bez přístupu vzduchu může uvolňovat kyanovodík, což je jeden z nejjedovatějších plynů. Při hoření výrobků z PVC se zase za určitých podmínek může vedle toxického chlorovodíku uvolňovat další prudce jedovatý plyn, a to fosgen. Přítomnost fosgenu můžeme předpokládat všude tam, kde se vedle sebe vyskytují chlor a oxid uhelnatý. Také on dokáže okamžitě usmrcovat již při velmi nízkých koncentracích ve vzduchu. Kyanovodík a fosgen jsou známy především z 1. světové války, kdy se pro svoji značnou jedovatost používaly k plynovým útokům [6, 13, 16].

3.8.1. Faktory ovlivňující toxický účinek

Účinek chemikálie je následkem interakce mezi chemikálií a biologickým systémem. Při této interakci sloučenina působí na organismus (vyvolává účinek), ale i organismus působí na sloučeninu (biotransformace). Proto sledovaný účinek nemusí být vždy vyvolaný původní látkou, která je aplikovaná, ale jejím metabolitem [17].

Účinek může být důsledkem prostého fyzikálně chemického působení chemikálií nebo specifického zásahu do biochemických jevů. Pokud se jedná o fyzikální působení, je to většinou účinek nespecifický (narkóza, poleptání, destrukce membrán atd.). Specifický účinek vyvolává sloučenina se stejnou konfigurací, která odpovídá specifickému receptoru [17].

3.8.2. Všeobecně k některým toxikologickým vlastnostem

Významnými toxikologickými parametry škodlivin jsou zejména jejich toxické koncentrace a toxické dávky.

Koncentrace chemické látky se vyjadřuje dvěma způsoby, buď koncentrací hmotnostní nebo koncentrací objemovou. Hmotnostní koncentrace se vyjadřuje nejčastěji v miligramech látky na decimetr krychlový vzduchu ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) nebo v miligramech na metr krychlový ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$). Při vyjádření objemové koncentrace se nejvíce užívá údaj v ppm, což značí pars per milion, v objemových částech v milionu, tedy v kubických centimetrech (mililitrech) na krychlový metr ($\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$). U velkých koncentrací se užívá vyjádření v objemových procentech (obj.%), což odpovídá $1 \text{ obj.\%} = 10\,000 \text{ ppm}$. [16, 17]

Hmotnostní a objemové koncentrace lze navzájem přepočítávat za předpokladu, že objem jedné grammolekuly ideálního plynu při 25°C a za atmosférického tlaku $101,325 \text{ kPa}$ má objem $24,45$ litrů. Pak platí následující vztahy [16, 17]:

$$1 \text{ ppm} = \frac{\text{Molární hmotnost, [g} \cdot \text{mol}^{-1}]}{24450}, [\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}] \quad (3.1.)$$

$$1 \text{ ppm} = \frac{\text{Molární hmotnost, [g} \cdot \text{mol}^{-1}]}{24,450}, [\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad (3.2.)$$

$$1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3} = 1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3} = \frac{24450}{\text{Molární hmotnost, [g} \cdot \text{mol}^{-1}]}, [\text{ppm}] \quad (3.3.)$$

Pro škodliviny běžně se vyskytující v ovzduší pracovišť a pobytových místností staveb (plyny, kapalné a tuhé aerosoly) jsou platnými právními předpisy stanoveny nejvyšší přípustné koncentrace – NPK. Hodnota NPK pro pobytové místnosti staveb je pro danou látku vždy nižší než pro pracovní prostředí. A to proto, že se škodlivými látkami ve volném ovzduší přichází do styku veškeré obyvatelstvo (děti i nemocní jedinci) po celou dobu jejich výskytu. Česká legislativa k problematice ochrany zdraví zaměstnanců při práci udává hodnoty přípustného expozičního limitu (PEL a NPK-P). PEL jsou celosměnové časově vážené průměry koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jimž mohou být podle současného stavu znalostí vystaveni zaměstnanci při osmihodinové pracovní době, aniž by u nich došlo i při celoživotní pracovní expozici k poškození zdraví, k ohrožení jejich pracovní schopnosti a výkonnosti. Výkyvy koncentrace chemické látky nad hodnotu přípustného expozičního limitu až do hodnoty NPK-P musí být v průběhu směny kompenzovány jejím poklesem tak, aby nebyla hodnota přípustného expozičního limitu překročena. Přípustné expoziční limity platí za předpokladu, že zaměstnanec je zatěžován tělesnou prací, při které jeho průměrná plicní ventilace nepřekračuje 20 litrů za minutu, a doba výkonu práce nepřesahuje 8 hodin. NPK-P [18, 19, 20].

Pro ovzduší pracovního prostředí tedy platí dva limity:

- a) PEL - průměrná hodnota koncentrace za pracovní směnu
- b) NPK-P - koncentrace škodliviny, které smí být dosaženo po dobu max. 15 min

Pro pobytové místnosti jsou stanoveny jednohodinové limitní koncentrace chemických faktorů a prachu ve vnitřním prostoru staveb

Tabulka. 3. 1. Příklad vybraných škodlivin a jejich NPK v pracovním prostředí a pobytových místnostech staveb [14, 20]

škodlivina	NPK (mg/m ³)		
	pracovní prostředí		pobytové místnosti staveb
	PEL	NPK-P	
Amoniak	20	40	0,2
Sirouhlík	10	20	
Sirovodík	10	20	
Kyanovodík	3,0	10	
Chlor	3,0	6,0	
Formaldehyd	0,5	1,0	0,06
Fosgen	0,5	1,0	

Poznámka: pro pobytové místnosti mají z uvedených látek stanoven limit jen amoniak a formaldehyd.

Mezi některé další používané hodnoty patří [19]:

NOAEL (No Observable Adverse Effect Level) – nejvyšší dávka nebo koncentrace, při které se ještě neprojeví škodlivé účinky na lidské zdraví.

LOAEL (Lowest Observable Adverse Effect Level) – nejnižší dávka nebo koncentrace, při které byl pozorován škodlivý účinek.

IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health) – maximální koncentrace nebezpečné látky ve vzduchu, která nevyvolává u zdravé populace při expozici 30 minut nevratné zdravotní změny nebo smrt.

ERPG – 1 – maximální koncentrace látky v ovzduší, o níž se důvodně předpokládá, že téměř všichni exponovaní jedinci mohou být exponováni po dobu 1 hodiny bez prožitku jiných účinků než „mírný přechodný nepříznivý zdravotní účinek“ nebo je chápána jako jasně definovaný nepříjemný zápach.

ERPG – 2 – maximální koncentrace látky v ovzduší, kterou mohou být exponováni téměř všichni jedinci po dobu 1 hodiny bez prožívaných nebo vyvíjejících se „nevratných nebo jiných vážných zdravotních účinků nebo symptomů“, které by mohly poškodit schopnost jedince podstoupit záchrannou akci.

ERPG – 3 – maximální koncentrace látky v ovzduší, o níž se důvodně předpokládá, že téměř všichni exponovaní jedinci mohou být exponováni po dobu 1 hodiny bez prožitku nebo rozvoje zdravotních účinků ohrožujících život.

Pokud budou v prostředí se stejnou koncentrací škodliviny umístěny živé organismy o různé hmotnosti, různé tělesné aktivitě, s různým povrchem těla atd., bude se účinek chemické látky lišit. Koncentrace proto není údaj, který by nejvíc vypovídal o míře vlivu chemikálie na organismus. Mnohem důležitějším parametrem je totiž dávka.

Dávka je vyjádřením množství látky, která skutečně do organismu vstoupila. Závisí nejen na koncentraci, ale i na druhu látky, jejich fyzikálně chemických vlastnostech, době expozice, cestě vstupu, na tělesné aktivitě jedince, jeho hmotnosti, povrchu těla, pohlaví, atd. Toxicita chemické látky závisí na její dávce. Některé látky jsou toxické už ve velmi nepatrných dávkách, jiné naopak až v dávkách několika gramových [14, 21].

Pokud chceme při havarijním plánování pro případ výronu škodliviny rozdělit území s kontaminovaným ovzduším na oblast bez ireverzibilního poškození zdraví, oblast s ireverzibilními zdravotními následky a oblast se smrtelným poškozením zdraví, pak je nutné vycházet ze vhodně zvolených hraničních koncentrací nebo dávek, jež tyto oblasti oddělují. Stanovení těchto hraničních koncentrací či dávek je však značně problematické, neboť

v literatuře publikované hodnoty o možnostech poškození organismu inhalací škodlivin vykazují značnou nejednotnost a velký rozptyl [14].

Předpokládá se, že pro stejně závažný zdravotní následek (označen indexem i) má závislost mezi koncentracemi c_i , které ho způsobí, a tomu odpovídajícími dobami t_i inhalace škodliviny lineární charakter, čili že je možno psát [14]:

$$K_i = c_i^{a_i} \cdot t_i = konst . \quad (3.4.)$$

Konstanty K_i , a_i v tomto vztahu je přitom možno určit ze dvou známých dvojic hodnot (c_i , t_i) pro stejně závažný zdravotní následek a jsou pojímány jako konstanty charakteristické pro uvažovaný stupeň zdravotního poškození. Speciálně pro výše zmíněnou hranici, oddělující smrtelné účinky od zraňujících účinků má rovnice tvar [14, 21]

$$D_{smrt} = (c_{smrt})^{a_{smrt}} \cdot t_{smrt} \quad (3.5.)$$

a pro hranici oddělující ireverzibilně zraňující účinky od ostatních účinků, tj. od reverzibilních účinků a inhalace bez jakékoliv zdravotní újmy, tvar [14, 21]

$$D_{zran} = (c_{zran})^{a_{zran}} \cdot t_{zran} \quad (3.6.)$$

4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1. Havárie s amoniakem v minulosti

Havárie v Nizozemí (1966)

Jednomu člověku v důsledku plnění cisterny 25 % roztokem amoniaku, při vnější teplotě 10°C, selhaly dýchací orgány a zemřel. Nadýchal se velkého množství koncentrovaného amoniaku. V okamžiku neštěstí se vodný roztok amoniaku rozšířil jako tenký film přes cisternu. Směr větru byl v tomto okamžiku orientován přímo k oběti. Tlak par 25 % roztoku amoniaku je 224 mm rtuťového sloupce. To mělo za následek, že páry obsahovaly 33 objemových procent amoniaku, nebo také 330 000 ppm. Pochopitelně, za těchto okolností nebyl tlak nasycených par na úrovni oběti. Aktuální koncentrace není známá, ale je zhruba odhadována na několik desítek tisíc ppm. [24].

Oběť havárie byla poučena, že v případě zranění má vyhledat ošetření v místnosti první pomoci, ale místo toho, aby tak po nadýchání se amoniakem učinila, šel do místní kantýny na kafe, a pak ještě 3 hodiny pracoval. První pomoc vyhledal tedy až tři hodiny po expozici, načež byl převezen na kliniku, kde mu bylo provedeno rentgenové vyšetření. Došlo k zástavě srdce, ale to se podařilo znovu oživit. Poté byl převezen do nemocnice, kde se mu srdce zastavilo znovu. Okamžitá příčina smrti, která nastala 6 hodin po expozici, bylo selhání srdce. Ačkoli patologická zpráva říká, že hlavní příčinou byl vliv amoniaku na spodní vrstvu plic, zřejmě vytvářející se kardiopulmonární stres se ukázal být natolik nesnesitelný, přes vleklou časovou periodu asi 3 – 6 hodin mezi expozicí a zahájením lékařského ošetření, že došlo k zástavě srdce [22, 24].

Ačkoli byla vyjádřena domněnka, že vzduch na úrovni oběti nedosáhl nasycení (330 000 ppm-v), pravděpodobně ovzduší uvnitř cisterny bylo nasyceno. Nasycené páry amoniaku musely být vytlačeny do okolního vzduchu v těsné blízkosti oběti, mezitím co byla nahoře na cisterně a plnila ji [23, 24].

Páry amoniaku, při 10°C lehčí než vzduch, mohly stoupat jak z amoniaku v cisterně, tak také z přetékajícího roztoku amoniaku na zemi. Tudíž, oběť zdá se byla vystavena, alespoň nepravidelně, dvěma zdrojům par amoniaku během plnění.

Fakta odvozená z této nehody ukazují, že koncentrace vzdušného amoniaku, jehož krátká expozice nemusí být smrtelná, je více než 10 000 ppm a může být vysoká až 330 000 ppm-v, alespoň při sporadické expozici [22, 23, 24].

Havárie v Bartow (1996)

Havárie se stala 5. prosince 1996 v továrně na amoniak ve městě Bartow na Floridě, ve kterém dělník řídil vysokozdvizný vozík pod skladovací cisternou, natlakovanou bezvodým amoniakem.(4) Poškodil spodní vyčnívající hlavici cisterny, načež se na něj vyvalil silný proud amoniaku. Dělník utrpěl amoniakální kryogenní popáleniny kůže a očí, dále pak zranění plic v důsledku nadýchání se amoniaku. Naštěstí se byl schopný z vozíku vyprostit, doběhl k telefonu a přivolal si pomoc. Při této nehodě se uvolnilo asi 142 tun amoniaku během dvou hodin. Dělník musel být na 19 dní hospitalizován, ale přežil a nakonec se vrátil zpět do práce. Pro tuto nehodu je udávána koncentrace, která při pěti minutové expozici nevede ke smrti, 89 400 ppm-v (počítáno rovnicí Ten Berge pro $n = 2$) [22, 25, 38].

Několik nehod, ve kterých byly koncentrace amoniaku odvozeny podobným způsobem, jsou uvedeny v tabulce 4.1.

Tabulka 4.1. Shrnutí nehod popisující rozdílný vliv amoniaku [24, 26, 38]

Místo	Datum	Odhadovaná koncentrace		Geometrický průměr	Doba trvání úniku	Počet zasažených	Následky
		Od (ppm)	Do (ppm)	(ppm)	(min)		
Nehody s úmrtím osob							
Potchefstroom, JAR	13.7.1973	2500	200 000	22 361	ihned	2	smrtelné
Boutte, LA	15.12.1970	5000	200 000	31 623	3	3	smrtelné
Kréta	18.2.1969	5000	200 000	31 623	ihned	5	smrtelné
Houston, TX	11.5.1976	5000	200 000	31 623	ihned	2	smrtelné
Pensacola, FL	9.11.1977	20 000	200 000	63 246	240	2	smrtelné
Nehody s trvalými následky							
Barnesville, MN	10.6.1981	700	10 000	2646	30	11	poškození dýchacích orgánů, očí, jícnu
Houston, TX	11.5.1976	700	10 000	2646	ihned	3	poškození dýchacích orgánů
Nehody (lehká zranění)							
Boutte, LA	15.12.1970	700	10 000	2646	3	26	14 - ti denní hospitalizace, nespecifikovaná zranění
Conway, KS	6.12.1973	300	5000	1 225	< 480	1	6 - ti denní hospitalizace, popáleniny nosu, očí, plíc
Pensacola, FL	9.11.1977	20 000	200 000	63 246	240	2	hospitalizace dětí, měsíc rekonvalescence
Nehody s vlivem na faunu a flóru							
Verdigris, OK	10.6.1979	12	72	29	ihned	-	odbarvení rostlin
Houston, TX	11.5.1976	2000	2300	2145	ihned	-	odbarvení rostlin, ptáci padající ze stromů
Enid, OK	7.5.1976	12	72	29	240	-	vybělená pšenice
Crestview, FL	8.4.1979	1000	3300	1817	-	-	opadávání listů
Blair, NE	16.11.1970	700	10 000	2646	150	-	úhyn hovězího a vepřového dobytka
Pensacola, FL	9.11.1977	2300	?	240	240	-	úhyn malých druhů ptactva, odumírání stromů
Belle, WV	21.1.1970	5000	20 000	10 000	-	-	úhyn 9 koní

Havárie v Bělehradě (1998)

Havárie se stala 27. května 1998 ve 14 hodin na bělehradském předměstí Borca, kde explodovala cisterna s 5 tunami amoniaku. Oblak čpavku se rozšířil po velké ploše a způsobil hromadnou otravu místních obyvatel a zaměstnanců společnosti „Lika system“, umístěné poblíž. Muž stojící vedle cisterny byl při výbuchu zabit. První byly na místě vozy záchranné služby a policie. Tehdy ještě nebylo vyrozuměno Národní toxikologické centrum (NTC), proto se neúčastnilo první fáze organizačních a záchranných opatření. Lékař centra, který měl službu, byl vyrozuměn o události v 14.40 hodin. Navrhl, aby většina postižených byla převezena do NTC. Byly zajištěny další zásoby potřebných léčiv a zdravotnického materiálu.

První pacienti byli přivezeni hodinu po havárii, do 22.00 h dorazilo 98 pacientů. Pro třídění nebyly vybrány prostory urgentního centra, protože počet pacientů byl značný, mohlo by dojít k přetížení a narušení péče o pacienty se závažnější otravou. Byl určen rychlý přístup k místu třídění a zvláštní prostory poblíž vchodu pro občerstvení, sledování a ošetření pacientů s lehčím postižením. Vážněji postižení pacienti s vitálním ohrožením byli okamžitě hospitalizováni na Klinice toxikologie a klinické farmakologie. Po přijetí byla provedena dekontaminace a pečlivě omyty oči izotonickým fyziologickým roztokem. V průběhu dalších 2 dnů bylo ohlášeno dalších 45 pacientů s podobnými příznaky, takže celkový počet pacientů

ošetřených v NTC dosáhl 143. Z nichž 54 bylo hospitalizováno. Po prvním vyšetření a třídění dostali všichni pacienti jednu dávku prednisolonu (80 mg) i. m. nebo i. v. Po šesti hodinách pozorování bylo 46 pacientů s mírnou otravou nebo pouhou expozicí propuštěno z nemocnice [27].

Byli dále sledováni ambulantně po dobu jednoho měsíce. Podle závažnosti otravy byli hospitalizovaní pacienti rozděleni do tří skupin:

- mírná otrava (22 pacientů)
- středně těžká otrava (13 pacientů)
- závažná otrava (19 pacientů)

Většina pacientů s mírným postižením měla příznaky a symptomy lehkého podráždění horních cest dýchacích (kašel, dušnost, slabá dyspnoe, mírný bronchospasmus, překrvení spojivek). Pacienti se středně těžkým postižením trpěli prolongovaným kašlem, svíráním hrudníku, karbonovým sputem, sípotem a hypoxémií vyžadující dodání kyslíku. Pět z těchto pacientů mělo normální RTG plic a ostatní bronchovaskulární znaky. Jeden z nich měl pneumonii. U pacientů se závažnou otravou se rozvinul pulmonální edém 6 hodin po expozici. V jednom případě byl edém následkem srdečního selhání a další z nich zemřel šestý den po havárii [27].

Léčba zahrnovala podporu průchodnosti dýchacích cest, časté odsávání bronchopulmonální sekrece, aplikaci zvlhčeného kyslíku, podávání intravenózních roztoků, bronchodilatací, antibiotik a kortikosteroidů [27].

Pacientům s těžkou formou otravy byly podávány vysoké dávky prednisolonu (1,5–2,0 g), aby se zabránilo rozvoji plicního edému. Dávky byly po 72 hodinách sníženy, jakmile se riziko edému minimalizovalo. Přežili všichni pacienti kromě jediného výše uvedeného případu. Hospitalizace trvala 2 – 60 dnů [27].

4.1.1. Další stručný přehled čpavkových havárií ve světě a v ČR

Londýn (r. 1940): Při bombardování byl zasažen sklep pivovaru, využívaný jako kryt. Poškozením zásobníku amoniaku došlo k úniku a 75 osob bylo hospitalizováno pro kašel, svírání hrudníku, otok rtů a jazyka, dušnost a plicní edém. Dle údajů jedné z nemocnic zemřelo 7 pacientů ze 47 zde přijatých [28].

Potchefstroom (r. 1973): Ze zásobníku v továrně na umělá hnojiva ve městě Potchefstroom (JAR) uniklo 38 tun čpavku. Následkem úniku byla smrt 18 osob, z toho 6 postižených bylo mimo areál továrny (200 m od zásobníku). Dalších 65 osob bylo postiženo neletálně. Hlavní příčinou havárie bylo, že po předchozí opravě nebyl uzávěr zásobníku dostatečně upevněn [28].

Houston (r. 1976): Došlo k úniku celkem 19 tun čpavku z přepravní cisterny v Houstonu, Texas, USA. Zemřelo 6 osob a více než 100 dalších bylo postiženo. Až 2,5 hodiny po havárii se koncentrace čpavku v ovzduší vrátila k původním hodnotám [28].

Nové Skotsko (r. 1980): 14 rybářů bylo postiženo vysoce koncentrovaným plynným amoniakem při havárii lodního chladicího systému. Evakuace postižených do nemocnice trvala 14 hodin. Pacienti trpěli zánětem hrtanu a spojivek, jednomu z nich musela být

provedena tracheostomie pro laryngeální edém. Všem byly podány kortikosteroidy, některým také bronchodilatancia. U dvou pacientů se sekundárně rozvinula bakteriální pneumonie [28].

Litva (r. 1989): Zásobník amoniaku v továrně na umělá hnojiva, obsahující 7 000 tun kapalného plynu, explodoval. Sedm osob zahynulo, 57 dalších bylo poraněno a 32 000 osob bylo nutno evakuovat. Většina postižených utrpěla poranění při výbuchu a popáleniny [28].

Bratislava (r. 2000): Dne 24. července 2000 došlo k úniku amoniaku ze Zimního stadionu Ondreja Nepely. Na místo nehody byl povolán hasičský záchranný sbor a rychlá záchranná služba. Průzkumem bylo zjištěno, že se jedná o únik čpavku z potrubí, které bylo porušeno pracovníky vykonávajícími opravy a rekonstrukce v prostoru hrací plochy stadionu. Dva pracovníci byli intoxikováni [28].

Minot (r. 2002): 31 vozů ze 112 vagónů nákladního vlaku vykolejilo necelý kilometr od města Minot (Severní Dakota, USA). 15 vykolejených vozů převáželo bezvodý čpavek. Z 5 vozů se do ovzduší uvolnilo 150 tisíc galonů (cca 570 tisíc litrů) čpavku a vytvořilo oblak výparů 90 m široký a 8 km dlouhý, který se pohyboval směrem na město. Jedna osoba zemřela, dalších 11 bylo postiženo závažně a 322 lehce. Škody byly vyčísleny na více než 2 milióny USD, dalších 8 miliónů USD bylo věnováno na úpravu životního prostředí. Během následujících 5 dnů po havárii se z dalších 6 poškozených vagónů uvolnilo ještě 280 tisíc litrů čpavku [28].

Shanghai (r. 2005): Cisterna s tekutým čpavkem zaparkovaná poblíž restaurace explodovala zřejmě pro dlouhodobé vystavení horku. Všichni obyvatelé v blízkosti nehody byli evakuováni. Více než 100 osob bylo postiženo inhalací čpavku s následkem silné bolesti hlavy, nevolností, podráždění a bolest očí a dýchacích cest. Byli ošetřeni v blízkých nemocnicích. Většina postižených byla z nemocnic propuštěna následující den [28].

Příbram (r. 1999): Prasklé potrubí na zimním stadionu v Příbrami způsobilo únik 0,5 t čpavku do příbramského potoka [8].

Hodonice u Znojma (r. 2000): V místní sladovně došlo při špatné opravě chladicího zařízení k úniku 80 – 100 kg čpavku do řeky Dyje, což způsobilo její zamoření a úhyn ryb [8].

Mochovské mrazírny (r. 2000): Došlo k prasknutí potrubí a úniku čpavku. 6 lidí bylo zraněno [8].

Masokombinát Cheb (r. 2001): Prasklé těsnění chladicího kompresoru způsobilo únik asi 15 kg čpavku a následnou evakuaci 112 osob [8].

Zimní stadion Praha 10 (r. 2001): Špatná úprava chladicího zařízení a následné prasknutí ventilu způsobilo únik čpavku do okolí. Škoda se pohybovala v desítkách tisíc korun [8].

Zimní stadion Liberec (r. 2002): Neopatrná práce na tlakovém potrubí způsobila únik cca 50 kg čpavku z tlakového potrubí ve strojovně. Muselo dojít k uzavření stadionu a okolí, odvolání chystaného zápasu [8].

Masokombinát Hroznětín (r. 2003): Z nedbalosti došlo k úniku cca desítek kg čpavku přes jímku do kanalizace a čpavkové vody do řeky, což mělo za následek uhynutí pstruhů v řece [8].

4.2. Toxikologické vlastnosti amoniaku a vybraných nebezpečných látek

Pokud se týká amoniaku v podlimitním množství, tak bezvodého amoniaku se používá na území České republiky asi na 155 zimních stadionech a asi v 500 – 600 velkokapacitních chladicích zařízeních v potravinářském průmyslu. Jsou to zařízení, která se mnohdy provozují v centru města, čili v místech s vysokou koncentrací osob a už únik několika desítek kilogramů čpavku může ohrozit obyvatelstvo, žijící v blízkosti takového podniku. V porovnání amoniaku s ostatními vybranými nebezpečnými látkami vyplývá, že amoniak je z nich sice nejméně toxický, ale právě díky četnosti, výskytu hlavně v hustě obydlených oblastech, je třeba se jím neméně intenzivně zabývat.

Amoniak – má toxické účinky na lidské zdraví jenom v případě vyššího příjmu než je kapacita těla k jeho detoxifikaci. Vstupní cestou expozice plynného amoniaku jsou sliznice dýchací soustavy a exponovaná část kůže. Zjistitelný čichem při koncentraci 17 ppm (uváděno i 5 ppm). Pro delší pobyt je přijatelná koncentrace 20 až 100 ppm, vzhledem k rychlému návyku lze vydržet až 1 hodinu v koncentraci 300 až 500 ppm. Půlhodinový pobyt v koncentraci 2500 ppm je už životu nebezpečný a koncentrace amoniaku přes 5000 ppm, což je v přepočtu 3479 mg/m³, je pro člověka smrtelná [19, 29].

Koncentrace amoniaku vyšší než 10 000 ppm (1% obj.) poškozuje již kůži, a je tedy nebezpečná i tehdy, když jsou dýchací orgány chráněny, v případě působení kapalného amoniaku může způsobit i omrzliny. Vysoké koncentrace amoniaku způsobují zástavu dechu. Nejčastěji je to zástava přechodná, může však dojít i k velmi rychlé smrti. Hlavním nebezpečím je při delším pobytu ve vyšších koncentracích možnost vzniku edému plic. Při inhalaci amoniaku může dojít také k dráždění ústředního nervstva, křečím, mohou být poškozeny ledviny, u žen může dojít ke krvácení z rodidel, u těhotných k potratu. Chronické působení nižších koncentrací vede k poškození obdobnému jako u jiných dráždivých látek: nepříjemnosti s podrážděnými spojivkami, dráždění sliznice nosohltanu a průdušek, kašel a možnost vzniku rozedmy plic se všemi vážnými důsledky. Smrtící koncentrace pro člověka při inhalaci trvající 5 minut se rovná 30 000 ppm, což představuje 20 850 mg/m³ [19, 29].

K ochraně se používá obličejová maska s ochranným filtrem typu K (značen zelenou barvou těla nebo pruhem) chrání dýchací cesty max. do 1 obj. % (7 mg.l⁻¹). Běžný filtr s aktivním uhlím amoniak nezachycuje. Při vysoké koncentraci je třeba povrch těla chránit izolačními prostředky ochrany povrchu těla hermetického typu [16].

Dekontaminace amoniaku se provádí takto: zasažené povrchy omýt velkým množstvím čisté vody. Zasažené povrchy je možné dekontaminovat odvětráním. Neutralizaci amoniaku se provádí vodným roztokem kyseliny octové o koncentraci 3 % (je možné použít i vodné roztoky anorganických kyselin o koncentraci 3 %). Z místnosti je možné amoniak odstranit odvětráním. Při havárii páry srážet vodní clonou. Pokud je látka smíchána s vodou, bezpečně

odčerpat, zbytky sorbovat do vhodného porézního materiálu a v uzavřených nádobách odvézt k zneškodnění. Zneškodnit v souladu s platnou právní úpravou pro odpady.

První pomoc: při nadýchání vynést postiženého na čerstvý vzduch, uvolnit oděv nebo zabránit další expozici nasazením prostředku ochrany dýchacích orgánů a přivolat lékaře nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zasažení povrchu těla okamžitě svléknout kontaminovaný oděv, omýt zasaženou pokožku velkým množstvím čisté vody a přivolat lékaře. Při zasažení očí je nutné je co nejrychleji vyplachovat bez přerušení po dobu asi 30 minut velkým množstvím čisté vody. Poté je třeba ihned vyhledat lékaře [16].

Hraniční hodnoty pro amoniak jsou uvedeny v tabulce 4.2.

Tabulka 4.2. Hraniční hodnoty amoniaku [19, 29]

	Velikost	Rozměr
PEL	20,13	ppm
NPK – P	51,77	ppm
NOAEL	9,22	ppm
LOAEL	25	ppm
IDLH	300	ppm
ERPG – 1	25	ppm
ERPG – 2	150	ppm
ERPG – 3	750	ppm

Chlór – vstupní cestou plynného chlóru v případě havárií s únikem této látky je primárně inhalace. Chlór v plynném stavu dráždí rovněž kůži, zejména vlhkou (zpocenou), oči a inhalace malého množství chlóru po krátký časový úsek může nepříznivě působit na dýchací systém jedince, může způsobovat kašel nebo bolesti na hrudi a vést až k zadržování vody v plicích a otoku plic. Chlór je zjistitelný čichem v koncentraci 0,01 ppm (někdy uváděno rozpětí 0,01 až 5 ppm). Při koncentraci 1 – 2 ppm lze dobře nepřetržitě pracovat, koncentrace 3 – 6 ppm způsobuje pálení očí a škrábání v nose a u citlivých jedinců kašel a chrapot, přičemž 30 až 60 minut trvající práce při této koncentraci se nepovažuje za nebezpečnou. V koncentraci 15 ppm je pocíťováno silné dráždění a při koncentraci 20 ppm je pobyt, trvající 30 – 60 minut, ne zcela bezpečný. Koncentrace 30 ppm způsobuje již velmi brzy prudký kašel, od 50 ppm výše je nebezpečí vzniku edému plic a krvácení z plic značné již po zcela krátké expozici. V koncentraci 100 ppm nelze vydržet déle než minutu (je i v této době nebezpečná), 1000 ppm může usmrtit již po několika hlubokých vdechnutích. Smrtící koncentrace pro člověka při inhalaci chlóru trvající 30 minut je 430 ppm, což je v přepočtu 1247 mg/m³ [19, 29].

Hraniční hodnoty pro chlór jsou uvedeny v tabulce 4.3.

Tabulka 4.3. Hraniční hodnoty chlóru [19, 29]

	Velikost	Rozměr
PEL	0,52	ppm
NPK – P	1,03	ppm
NOAEL	-	-
LOAEL	14,4	mg/kg/den
IDLH	10	ppm
ERPG – 1	1	ppm
ERPG – 2	3	ppm
ERPG – 3	20	ppm

Sirovodík – je zjistitelný čichem už při koncentraci 0,002 ppm (někdy je uváděno i 0,0094 ppm). Sirovodík je vysoce toxický při inhalační expozici. Je nervovým jedem. Působí škodlivě již v malých koncentracích. Akutní otrava při vysokých koncentracích probíhá bleskově. Je charakterizována okamžitou ztrátou vědomí, zástavou dechu a srdeční činnosti. Po velké expozici trvá hluboké bezvědomí, objevují se křeče, zornice jsou zúžené, dýchání a srdeční činnost mohou být nepravidelné. Při návratu k vědomí trpí postižený halucinacemi, zuřivostí, později dojemem opilosti, někde se objevuje zvracení. Po těžké otravě mohou zůstat poruchy paměti, bolesti hlavy, poškození zraku, obrna, poškození jater, srdce a ledvin. Existuje reálné nebezpečí vzniku toxického otoku plic. Hlavní expozice je inhalační, ale vstřebává se i kůží. Při koncentraci 50 až 250 ppm se mohou projevit subakutní otravy, které jsou charakterizovány kašlem, bolestmi hlavy, sliněním, zvracením a průjmami. Koncentrace 200 ppm je nebezpečná asi po hodinové expozici. Při koncentraci 200 až 600 ppm může dojít k toxickému otoku plic a koncentrace 600 ppm je smrtelná pro půlhodinovou inhalační expozici. Koncentrace 700 ppm je nebezpečná již v několika minutách. Při koncentraci 150 až 250 ppm dochází ke ztrátě čichového vjemu [16].

Sirouhlík – je zjistitelný čichem v koncentraci od 0,016 až 0,42 ppm (je uváděno i 0,11 ppm). Je jedovatý. Otrava se projevuje jako narkóza, na jejím počátku bývají bolesti hlavy a ospalost, pak vzrušenost. Dochází k zčervenání obličeje, k poruchám koordinace pohybu, závratím a někdy k děsivým delirantním stavům se sluchovými a zrakovými halucinacemi. Následuje otupělost přecházející do bezvědomí, v těžkých případech pak nastupují křeče a smrt z ochrnutí dýchacího centra. Koncentrace menší než 300 ppm akutní otravu nezpůsobují, koncentrace 300 až 500 ppm mají lehčí účinky po jednohodinové expozici. Koncentrace 1000 ppm vede po 30 minutách k vážné akutní otravě, 3000 ppm je ve 30 minutách nebezpečná životu a 5000 ppm po půlhodinové expozici usmrcuje. Smrtelná perorální dávka pro člověka je $0,014 \text{ g.kg}^{-1}$. Sirouhlík se dobře vstřebává kůží. Soudí se však, že pro vznik otrav nemá tato skutečnost větší význam. Styk s kůží vede k podráždění, v důsledku kterého kůže zčervená, případně se tvoří puchýře. Chronická otrava je daleko významnější než otrava akutní. Její obraz je velmi pestrý – únava, slabost, ospalost a nespavost, bolesti hlavy, lehké poruchy chuti a čichu, zažívací obtíže a sexuální poruchy. Významné jsou však psychické poruchy – neklid, podráždění, někdy mnohomluvnost,

bezdušvodný smích nebo pláč, pohlavní agresivita, nespavost, děsivé sny, někdy zrakové a sluchové halucinace. Poruchy jsou doprovázeny i patologickými změnami v organismu [16].

Kyanovodík – je zjistitelný čichem v koncentraci 0,58 ppm (udáváno i 5 ppm). Základní účinek kyanidového anionu je blokáda tkáňového dýchání. Akutní otrava závisí na množství vstřebané látky. Při vdechnutí velkého množství nastává rychle smrt. Menší dávka vede k bolestem hlavy, nevolnosti, závratím, pocitu sevření na prsou, ke zrychlení dechu a ztrátě vědomí. Dýchání se stává nepravidelným a v křečích a dušení může nastat smrt. Nejmenší smrtelná dávka se udává 0,04 g, průměrná pak 0,05 až 0,06 g. V koncentraci 50 ppm lze vydržet bez obtíží 30 až 60 minut, u dlouhotrvajících pobytů je však možné pozorovat příznaky lehčí otravy. Koncentrace 100 ppm je ve 30 minutách nebezpečná, 150 ppm usmrcuje ve 30 až 60 minutách a 300 ppm způsobuje rychlou smrt. Chronická otrava není uznávána. Do organismu vstupuje nejčastěji cestou inhalační ve formě par a aerosolu, dále cestou perorální v kapalném stavu, pokožkou nebo sliznicí spojivkového vaku. Perkutánní otravu usnadňují oděrky a drobná poranění. Látka však proniká do organismu v omezeném rozsahu i neporušenou kůží, zejména zpocenou nebo zvlhčenou. Účinek kyanovodíku je velmi rychlý a nastává téměř okamžitě po zasažení. Průnik přes kůži a oční spojivky vyvolává většinou jen mírné poškození. Při resorpci sliznicemi dýchacích cest je kyanovodík jednou z nejtoxičtějších BCHL látek. Již v koncentraci 0,001 mg.l⁻¹ je cítit typický hořkomandlový zápach kyanovodíku. Typický hořkomandlový zápach kyanovodíku část populace (20 až 40 %) v důsledku geneticky podmíněných schopností vůbec nevnímá. Protože kyanovodík poměrně rychle působí znečistlivění nosní sliznice, přestává se zápach záhy vnímat. Lehké příznaky otravy kyanovodíkem byly pozorovány u osob v koncentraci 0,02 až 0,04 mg.l⁻¹ během několika hodin od expozice. Koncentrace 0,05 až 0,06 mg.l⁻¹ je již velmi nebezpečná a koncentrace 0,15 mg.l⁻¹ způsobuje smrt během 30 až 60 minut. Koncentrace kyanovodíku 0,3 mg.l⁻¹ způsobuje smrt osob již během 5 minut. Při méně těžkých zasaženích může kůže získat namodralou barvu, způsobenou nedostatečným přenosem kyslíku v tkáních, těžké zasažení se projevuje slabě růžovým zabarvením kůže [16].

Formaldehyd – při všech druzích kontaktu je toxický. Je cítit již asi od 0,2 ppm a v koncentraci 5 ppm již zřetelně dráždí. Má velmi dobré varovné účinky. Působí silně dráždivě na pokožku, oči a sliznice. Při inhalační expozici dráždí horní cesty dýchací a oči. Při požití vyvolává zánět sliznic až tvorbu vředů. Při požití většího množství dochází k poruchám vědomí, ke křečím a k poškození ledvin. Při styku par s kůží se stává kůže hrubou, dochází ke ztrátě její citlivosti, k depigmentaci, měknutí a lámavosti nehtů. Po vniknutí koncentrovanějšího roztoku do oka může způsobit vážná poškození. Mohou se na něj vytvářet alergie (kožní, astma). Je podezřelý z mutagenity a karcinogenity [16].

Fosgen - Je zjistitelný čichem v koncentraci 0,12 až 5,7 ppm. Koncentrace 3 ppm dráždí ihned v hrdle, 4 ppm dráždí ihned oči, 5 ppm nutí po několika minutách ke kašli. Koncentrace 10 ppm je životu nebezpečná za 30 až 60 minut, 20 ppm za 15 až 30 minut a přes 50 ppm za velmi krátkou dobu. Hlavní nebezpečí je možnost vážného poškození plic, které se projevuje až po dlouhé době latence. Doba latence průměrně 3-4 hodiny, podle jiných pramenů 5-8 hodin, vzácně 12 hodin. Její délka bude záviset na velikosti expozice. Fosgen má kumulativní účinky, tzn., že v organismu se sčítají poškození způsobená jeho nesmrtelnými

dávkami, které jsou sumárně schopny vést k těžkým otravám včetně smrtelných. Při pobytu v koncentraci 5 mg.l^{-1} může ke smrti dojít za 2 až 3 sekundy [16].

4.3. Zdrojový člen při výronu nebezpečné látky (amoniak, chlór)

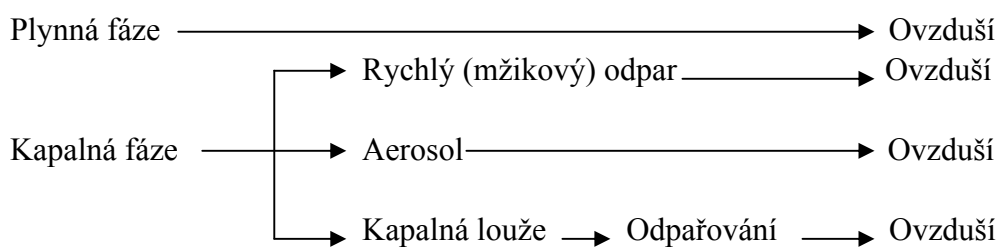
4.3.1. Rychlost a hmotnost výronu a odparu

Nebezpečná látka vyskytující se v zásobníku (cisterně) nebo v technologickém potrubí může mít charakter kapaliny (látka s teplotou varu za běžných atmosférických podmínek vyšší než teplota okolního prostředí) nebo zkapalněného plynu (látka s teplotou varu za běžných atmosférických podmínek nižší než teplota okolního prostředí). Je-li v zásobníku kapalina, nachází se pod tenzí svých par, pokud je v zásobníku zkapalněný plyn, pak v dolní části zásobníku je fáze kapalná a nad ní pod tlakem fáze plynná. Při průtoku potrubím se v potrubí vyskytují obě fáze. Při havárii může být škodlivina uvedena do ovzduší ve formě plynu (par kapaliny) či aerosolu [14, 19].

Vzhledem k tomu, že další část práce se bude věnovat hlavně únikům amoniaku a také chlóru, tak proto se budeme zabývat problematikou úniku nebezpečných látek ze zásobníků a potrubí, které jímají nebo dopravují zkapalněný plyn.

4.3.2. Rychlost výronu a odparu

Rychlost výronu a rychlost odparu jsou dynamické veličiny udávající rychlost výtoku nebezpečné látky z havarovaného zásobníku nebo potrubí a následné uvádění plynné fáze uniklé látky do ovzduší. Tyto veličiny je poměrně těžké odhadnout, a je to prakticky nemožné tehdy, chybí-li konkrétní technické údaje o charakteru nehody. Pro modelování rychlosti výronu a odparu je podstatné, zda se jedná o únik z potrubí nebo zásobníku, zda k porušení došlo v místě, kde se nebezpečná látka nachází v plynné fázi, kapalně fázi nebo obou fázích. Podstatný je rovněž způsob, jakým může být zkapalněný plyn při havarijním výronu uveden do atmosféry, což lze schématicky znázornit následovně [14, 19]:



Z uvedeného vyplývá, že zkapalněný plyn lze uvést do atmosféry při havarijním výronu obecně čtyřmi způsoby.

4.3.3. Porušení potrubí

Při porušení potrubí vedoucího ze zásobníku se zkapalněným plynem – schématicky znázorněno na obr. 4. 1. – lze výpočet rychlosti výronu nebezpečné látky provést ze vztahu [14, 19]:

$$q = C_D \cdot S \cdot h_{GL} \cdot \sqrt{\frac{\frac{2 \cdot g}{h_{GL}} \cdot \left[\frac{p_R - p_C}{g} + h_L \cdot H_L - h_{GL} \cdot H_B \right]}{1 + \beta - \left(C_D \cdot \frac{S}{S_L} \right)^2}} \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (4.1.)$$

kde:

q rychlost výronu $[\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}]$

C_D koeficient kontrakce [-], nabývá hodnot 0,6 – 1

S plocha výtokového otvoru $[\text{m}^2]$

h_{GL} dvoufázová hustota nebezpečné látky $[\text{kg} \cdot \text{m}^3]$

g gravitační konstanta, $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

p_R tlak plynné fáze nebezpečné látky v zásobníku $[\text{Pa}]$

p_C kritický tlak v místě výtoku nebezpečné látky $[\text{Pa}]$

h_L hustota nebezpečné látky v kapalně fázi $[\text{kg} \cdot \text{m}^3]$

H_L časově proměnná výška hladiny kapalně fáze v zásobníku, měřena ode dna $[\text{m}]$

H_B výška výtokového odporu, měřena ode dna zásobníku $[\text{m}]$

β koeficient charakterizující rozsah destrukce [-]

S_L časově proměnná plocha hladiny kapalně fáze v zásobníku $[\text{m}^2]$

přičemž:

$$h_{GL} = \frac{h_G \cdot h_L}{h_G \cdot \exp\left[\frac{C_L \cdot (T_C - T_R)}{L_V}\right] + h_L - h_L \cdot \exp\left[\frac{C_L \cdot (T_C - T_R)}{L_V}\right]} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^3] \quad (4.2.)$$

kde:

h_G hustota nebezpečné látky v plynné fázi $[\text{kg} \cdot \text{m}^3]$

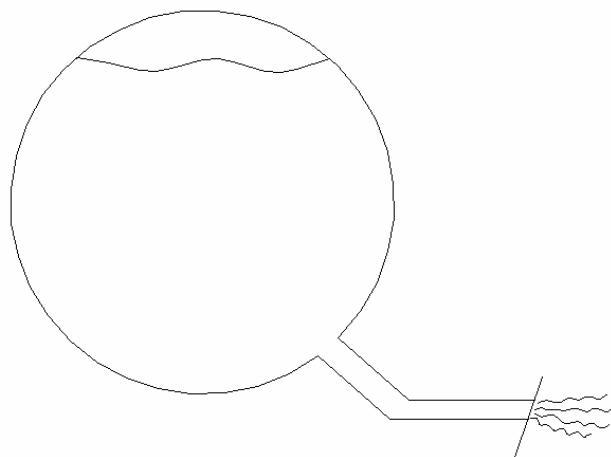
T_R počáteční teplota v zásobníku $[\text{K}]$ odpovídající tlaku p_R

T_C rovnovážná teplota v místě porušení potrubí $[\text{K}]$

C_L měrné teplo nebezpečné látky v kapalně fázi $[\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$

L_V měrné výparné teplo nebezpečné látky $[\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}]$

Výpočet rychlosti odparu je závislý na tom, zda se uvažuje s mžikovým odparem, tvorbou aerosolů nebo s odpařováním plynů z kapalně louže. Rychlost odparu je zpravidla menší než rychlost výronu.



Obrázek 4.1. Schématické znázornění porušení potrubí vedoucího ze zásobníku se zkapalněným plynem [14, 19]

4.3.4. Porušení potrubí v místě výskytu plynné fáze

Při porušení zásobníku v místě výskytu plynné fáze – schématicky znázorněno na obr. 4.2. – je výpočet rychlosti výronu nebezpečné látky závislý na poměru tlaku plynné fáze nebezpečné látky v zásobníku ke kritickému tlaku P_C , pro který platí [14, 19]:

$$P_C = P_a \cdot \left[\frac{2}{ae + 1} \right]^{\frac{ae}{1-ae}} \quad [\text{Pa}] \quad (4.3.)$$

kde:

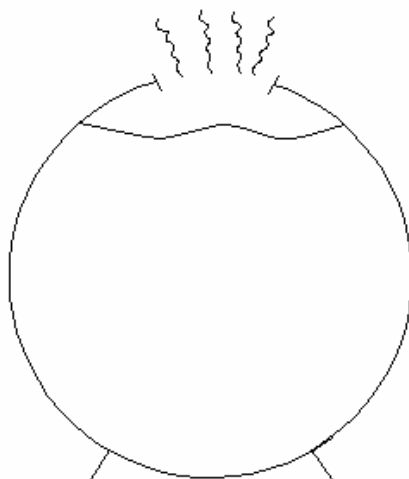
P_C kritický tlak [Pa]

P_a atmosferický tlak [Pa]

ae Poissonova konstanta [-], $ae = \frac{C_p}{C_v}$

C_p měrné teplo nebezpečné látky v plynné fázi za konstantního tlaku [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

C_v měrné teplo nebezpečné látky v plynné fázi za konstantního objemu [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]



Obrázek 4.2. Schématické znázornění porušení zásobníku v místě výskytu plynné fáze [14, 19]

Je – li tlak plynné fáze nebezpečné látky v zásobníku vyšší nebo roven tlaku kritickému, lze výpočet rychlosti výronu provést ze vztahu [14, 19]:

$$q = C_D \cdot S \cdot \sqrt{ae \cdot P_R \cdot h_G \cdot \left(\frac{2}{ae+1}\right)^{\frac{ae+1}{ae-1}}} \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (4.4.)$$

kde jednotlivé veličiny jsou uvedeny výše.

Je – li tlak plynné fáze nebezpečné látky v zásobníku nižší než tlak kritický, lze výpočet rychlosti výronu provést ze vztahu [14, 19]:

$$q = C_D \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot \left(\frac{P_a}{P_R}\right)^{\frac{2}{ae}} \cdot P_R \cdot h_G \cdot \frac{ae}{ae-1} \cdot \left[1 - \left(\frac{P_a}{P_R}\right)^{\frac{ae-1}{ae}}\right]} \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}], \quad (4.5.)$$

kde jednotlivé veličiny jsou uvedeny výše.

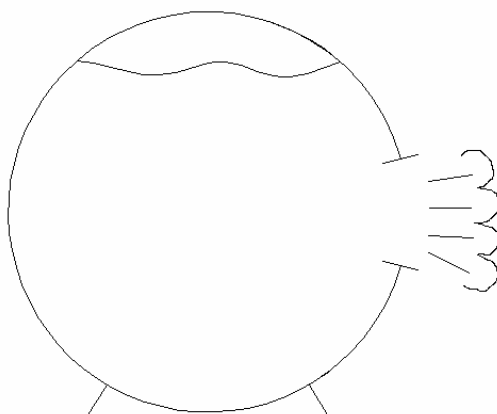
V obou popsáných případech dochází k úniku plynné fáze nebezpečné látky, tedy rychlost výronu je rovna rychlosti uvedení plynu do ovzduší.

4.3.5. Porušení potrubí v místě výskytu kapalné fáze

Při porušení zásobníku v místě výskytu kapalné fáze – schématicky znázorněno na obr. 4.3. – lze výpočet rychlosti výronu nebezpečné látky provést ze vztahu [14, 19]:

$$q = C_D \cdot S \cdot h_L \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \left[\frac{P_R - P_a}{g \cdot h_L} + H_L - H_B \right]}{1 + \beta - \left(C_D \cdot \frac{S}{S_L} \right)^2}} \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}], \quad (4.6.)$$

kde jednotlivé veličiny jsou uvedeny výše.



Obrázek 4.3. Schématické znázornění porušení zásobníku v místě výskytu kapalné fáze [14, 19]

Výpočet rychlosti odparu je závislý na tom, zda se uvažuje s mžikovým odparem, tvorbou aerosolů nebo s odpařováním plynů z kapalné louže. Rychlost odparu je zpravidla menší než rychlost výronu.

4.3.6. Hmotnost výronu a odparu

Hmotnost výronu je statická veličina, která popisuje jaké uniklo množství nebezpečných látek, charakterizuje výron jako jednorázový akt. V případě modelování úniku nebezpečných látek se uchylujeme k výpočtům vycházejících z hmotnosti nebezpečné látky zejména v případech, kdy chybí konkrétní technické údaje o charakteru nehody [14, 19].

Hmotnost odparu je rovněž statická veličina, která popisuje, kolik nebezpečné látky se uvolnilo do ovzduší. Při absenci konkrétních technických údajů o nehodě nelze stanovit rychlost odparu, v těchto případech pracujeme s hmotností odparu.

Pro modelování úniku a následného šíření nebezpečných látek je jedním z kritických scénářů rovněž rozvalení zásobníku. Při destrukci zásobníku, tj. po uvolnění tlaku, pod kterým je nebezpečná látka v zásobníku přechovávána, dojde k jejímu rychlému odpaření – tím se odnímá zbylé látky teplo, takže její teplota a její odpařování se výrazně zpomalí. Část látky, která se odpaří v tomto procesu trvajícím zpravidla jen několik minut, bývá označována

jako mžikový, popřípadě také primární odpar. V jeho průběhu dochází k ustalování rychlosti odparu až na konstantní hodnotu [14, 19].

Stanovení hmotnosti mžikového odparu vychází z aplikace zákona zachování energie při výměně tepla mezi částí nebezpečné látky podléhající mžikovému odparu a částí vytvářející kapalnou louži. Vztah mezi hmotností mžikového odparu a hmotností veškeré uniklé nebezpečné látky má tvar [14, 19]:

$$M_m = m \cdot \frac{(T - T_v)}{T - T_v + L_v / C_L} \quad [\text{kg}], \quad (4.7.)$$

kde:

M_m hmotnost mžikového odparu [kg]

m hmotnost uniklé nebezpečné látky [kg]

T teplota v místě havárie [$^{\circ}\text{C}$]

T_v teplota varu nebezpečné látky [$^{\circ}\text{C}$]

L_v měrné výparné teplo nebezpečné látky [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$]

C_L měrné teplo nebezpečné látky v kapalně fázi [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

Po odpaření mžikového (primárního) odparu a ustavení rovnováhy do konstantního odparu zůstává v místě havárie kapalná louže, ze které probíhá sekundární odpar. Mžikový odpar má rozhodující význam pro výpočet koncentrací nebezpečné látky v okolí zdroje, neboť v důsledku sekundárního odparu se šíří tato látka do okolí v mnohem nižších koncentracích než při mžikovém odparu. Proto se při modelaci šíření nebezpečné látky vesměs nevychází z celkové hmotnosti nebezpečné látky v porušeném zásobníku, ale odvíjí se od hmotnosti mžikového odparu [14, 19].

4.4. Šíření nebezpečných škodlivin v atmosféře

V případě úniku nebezpečných látek je velikost zóny, ve které se musí provést opatření k ochraně obyvatelstva, značně závislá na konkrétních parametrech atmosféry. Šíření plynů a jejich zředňování v atmosféře dochází v důsledku difúze plynů a turbulentního proudění celé masy ovzduší. Z modelů šíření nebezpečných látek i reálně provedených zkoušek vyplývá, že koncentrace plynů v daném místě závisí na celkovém pohybu vzduchové masy a se zvětšující se vzdáleností od zdroje úniku ve směru proudění vzduchu klesá.

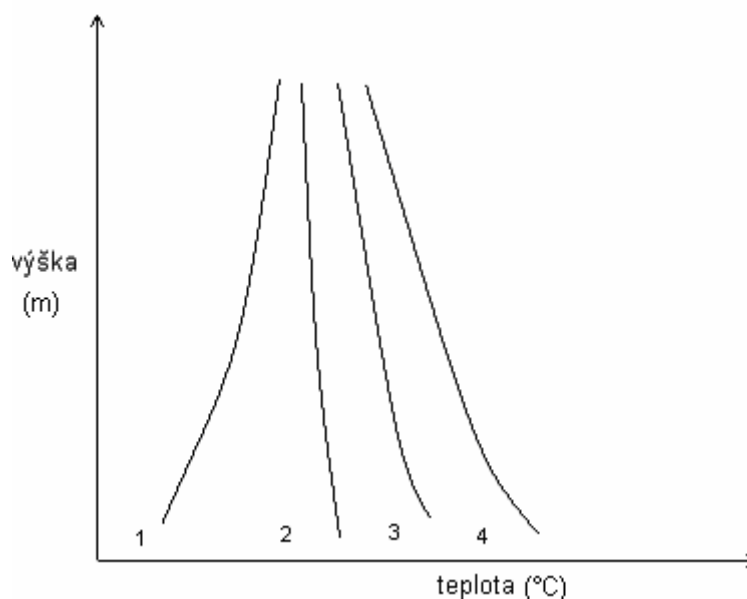
Na šíření nebezpečných látek v atmosféře mají rozhodující vliv meteorologické parametry atmosféry, mezi které především patří [14, 19]:

- vertikální teplotní gradient
- rychlost a směr větru
- vertikální gradient rychlosti větru
- atmosférická difúze

4.4.1. Vertikální teplotní gradient

Atmosféru je možno považovat za termodynamický systém, ve kterém za normálních podmínek nedochází k výměně teploty s okolním vzduchem tak rychle, aby mohlo dojít k vyrovnání teplot. Jestliže se vzduchová částice pohybuje v atmosféře vertikálně, pak se při vzestupu ochlazuje a při sestupu zvyšuje teplotu. Prakticky to znamená, že při vzestupu se snižuje tlak na danou částici, ta se roztahuje a její teplota klesá. Při sestupu je daná částice podrobena naopak zvyšujícímu se tlaku, což vede ke zvyšování teploty. Protože vzduchová částice si během svého vertikálního pohybu v atmosféře zpravidla nestačí významnější měrou vyměňovat teplo s okolím, lze celý proces považovat s vysokým stupněm přesnosti za adiabatický [19, 28].

Mírou ochlazování částice adiabaticky stoupající v atmosféře je suchý adiabatický gradient, který má hodnotu cca -1°C na 100 metrů výšky. Skutečný pokles teploty vzduchové částice na jednotku výšky v určité vrstvě atmosféry pak charakterizuje vertikální teplotní gradient, který udává konkrétní teplotní rozvrstvení ovzduší. Tento gradient charakterizuje závislost teploty na výšce, tzv. termické zvrstvení ovzduší. Vertikální teplotní gradient se liší od adiabatického, protože v reálných podmínkách existuje přirozená výměna tepla mezi zemským povrchem a ovzduším, které jej obklopuje. Jeho průměrná evropská hodnota činí $-0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Možný průběh změn vertikálního teplotního gradientu ve spodních vrstvách atmosféry je zobrazen na obr. 4.4. [14, 19].



Obrázek 4.4. Průběh změn vertikálního teplotního gradientu ve spodních vrstvách atmosféry [30]

Teplotní zvrstvení atmosféry zobrazené křivkou 1 je stabilní zvrstvení, nazývané také jako inverze. Křivka 2 zobrazuje neutrální zvrstvení, čili izotermii a odpovídá průměrnému teplotnímu gradientu. Křivka 3 zobrazuje lehce nestabilní zvrstvení a odpovídá adiabatickému gradientu. Křivka 4 charakterizuje nestabilní zvrstvení, konvekci.

Inverze je charakteristický jev například při rychlém ochlazení zemského povrchu a vzniká zejména za jasných bezvětrných nocí, v zimě někdy i ve dne. Teplota vzduchu s výškou roste,

vertikální pohyby v atmosféře jsou značně brzděny a promíchávání vzduchu silně utlumeno. Inverze začíná zpravidla před západem sluncem a zaniká po jeho východu. Při inverzi je velice znesnadněna vertikální výměna vzduchu, a proto se při inverzi udržují v přízemní vrstvě atmosféry vysoké koncentrace nebezpečných látek. V ročním průměru je inverze nejčastější atmosférické zvrstvení [14, 19, 31].

Izotermie vzniká většinou v ranních a večerních hodinách a je typická při vyšším pokrytí oblohy oblačností. Teplota vzduchu klesá s výškou pomaleji než odpovídá adiabatickému výstupu vzduchové částice, vertikální pohyby v atmosféře jsou brzděny a promíchávání vzduchu tlumeno, ne však tak výrazně jako při inverzi [14, 19, 31].

Konvekce je způsobena přehřátím zemského povrchu, který odevzdává teplo přilehlé vrstvě vzduchu, ta stoupá vzhůru a na její místo proudí chladnější vzduch z vyšších vrstev. Teplota vzduchu klesá s výškou rychleji, než odpovídá adiabatickému výstupu vzduchové částice a malý počáteční impuls může vést k rozvoji významných vertikálních pohybů a k intenzivnímu mísení ve vzduchové hmotě. Ke konvekci dochází většinou za jasných letních dnů. Vzniká převážně po východu slunce a zaniká při jeho západu. Vzestupné proudění rozptyluje nebezpečné látky do vyšších vrstev atmosféry a odvádí je tak od zemského povrchu [14, 19, 31].

V ČR se uvádějí třídy stability ovzduší podle Bubníka, jejich charakteristika je uvedena v následující tabulce.

Tabulka 4.4. Třídy stability atmosféry podle Bubníka [32]

Třída stability	Popis meteorologických podmínek	Příklad podílů dní v roce (%)
I – velmi stabilní	Špatný rozptyl, silná inverze	10,91
II – stabilní	Zhoršený rozptyl, možná inverze	18,16
III – izotermní	Zhoršené rozptylové podmínky	30,06
IV – normální	Normální stav atmosféry	31,24
V – konvektivní	Rychlý rozptyl škodlivin	9,62

Při kvantitativní analýze rizik by mělo být pro modelování rozptylu použito 6 reprezentativních tříd počasí – kombinací stability ovzduší a rychlosti větru. V případě použití klasifikace podle Pasquilla (6 tříd stability A-F od nestabilních, neutrálních až po stabilní podmínky) je vybráno 6 reprezentativních tříd počasí.

Tabulka 4.5. Šest vybraných reprezentativních tříd počasí podle Pasquilla [32]

Třída stability	Rychlost větru
B	Střední – 4 m.s ⁻¹
D	Nízká – 1,5 m.s ⁻¹
D	Střední – 4 m.s ⁻¹
D	Vysoká – 8 m.s ⁻¹
E	Střední – 4 m.s ⁻¹
F	Nízká – 1,5 m.s ⁻¹

Obě zmíněné klasifikace se liší počtem tříd i charakteristikou stability ovzduší. Z hlediska praktických aplikací se používá konverze tříd stability podle Bubníka do tříd stability podle Pasquilla důležitých pro modelování následků úniku toxických látek. Třídy stability 1 a 2 podle Bubníka reprezentují třídu stability F podle Pasquilla. Obdobně třída 3 a 4 reprezentuje třídu stability D, třída 5 reprezentuje třídu B. Při srovnání obou členění lze konstatovat, že inverze 1. třída = F a nejčastější neutrální podmínky 4. třída = D.

Vzhledem k vysoké náročnosti modelování těchto 6 reprezentativních tříd počasí je nutné modelovat alespoň dvě základní situace [32]:

- normální stabilita ovzduší 4. třída = D, rychlost větru střední – 5 m.s⁻¹ (nejčastější podmínky v průběhu roku),
- velmi stabilní podmínky 1. třída = F, rychlost větru nízká – 1,7 m.s⁻¹ (nejhorší rozptyl, zasaženo největší území = nejhorší scénář)

4.4.2. Rychlost větru

Větrek se nazývá horizontální pohyb vzduchu. Jeho charakter je popsán dvěma veličinami: rychlostí a směrem. Rychlost větru je uváděna zpravidla v metrech za sekundu [m.s⁻¹] [14, 19].

Průměrnou rychlost větru na daném území můžeme přibližně pokládat za rychlost šíření nebezpečných látek v atmosféře. Nárůst rychlosti větru způsobuje snižování vlnosu nebezpečné látky nad zdroj havárie, ale současně urychluje její zředování v horizontálním směru. Z hlediska zředování nebezpečné látky v místě výronu tedy rychlost větru působí jako dvojí protichůdný činitel. Je možno konstatovat, že koncentrace nebezpečné látky se vyvíjí nepřímo úměrně rychlosti větru v horizontální vrstvě.

Při určování směru větru je třeba mít na paměti, že v meteorologii je směr větru nazýván podle světové strany, ze které vítr vane. Stejně pravidlo platí i při popisu směru větru v úhlových stupních, přičemž úhel je orientován ve směru pohybu hodinových ručiček a severnímu větru přísluší úhel 0° (360°) [14, 19].

Z hlediska modelování úniku nebezpečných látek do ovzduší je zapotřebí si uvědomit tu zásadní skutečnost, že většina modelů předpokládá konstantní meteorologickou situaci na celém zájmovém území – tzn., že předpokládá konstantní rychlost a směr větru. Se získanými výsledky je proto potřeba zacházet vždy s ohledem na skutečnost, která může v některých případech zcela zásadně ovlivnit validitu výsledku. Při proměnlivých meteorologických podmínkách je třeba si vždy uvědomit, že získaný výsledek o šíření kontaminace v ovzduší může být značně, někdy i zcela, nevěrohodný. Proto je třeba z hlediska havarijního plánování havarijní opatření zplánovat všesměrově, tedy bez ohledu na směr větru [14, 19].

Směr větru ovlivňuje také terénní profil a zastavěnost sledovaného území. Například v městské zástavbě vítr vane ve směru komunikací, a to zpravidla od centra k okraji města. V hlubších údolích (např. podél řek) se plyny a páry, zejména těžší než vzduch, šíří převážně ve směru, kterým vede údolí, a tedy i vane vítr, a to bez ohledu na směr větru udávaný z meteorologické stanice nacházející se na vyvýšenině, byť nepříliš vzdálené [14, 19].

4.4.3. Vertikální profil rychlosti větru

Šíření nebezpečných látek v atmosféře je značně ovlivněno vertikálním profilem rychlosti větru. Výstupným nebo sestupným pohybem mění oblak svoji polohu ve vertikálním smyslu. V případě vzestupu (třeba i ze zemského povrchu) zpravidla dojde k jeho deformaci v důsledku zvyšování rychlosti větru s výškou. Naopak při poklesu se výška oblaku snižuje a kontaminovaný vzduch zatéká do prohlubní v terénu. Poměrně jednoduchý způsob určení vertikálního profilu větru v přízemní vrstvě ovzduší je v aproximaci profilu větru analytickými metodami obsahujícími některé parametry závislé na vertikální rovnováze atmosféry. Závislost rychlosti větru na výšce nad terénem lze vyjádřit následujícími vztahy [16, 19, 30]:

- Hellmanův vztah

$$v = v_1 \cdot \left(\frac{z}{z_1} \right)^n \quad [\text{m.s}^{-1}] \quad (4.8.)$$

- Suttonův vztah

$$v = v_1 \cdot \left(\frac{z}{z_1} \right)^{\frac{n}{2-n}} \quad [\text{m.s}^{-1}] \quad (4.9.)$$

- Lajchtmanův vztah

$$v = v_1 \cdot \frac{z^\varepsilon - z_0^\varepsilon}{z_1^\varepsilon - z_0^\varepsilon} \quad [\text{m.s}^{-1}], \quad (4.10.)$$

kde:

v rychlost větru ve výšce z [m.s^{-1}]

v_1 rychlost větru ve výšce z_1 [m.s^{-1}]

n meteorologický exponent [-]

ε součinitel závislý na stavu vertikální rovnováhy ovzduší ve vrstvě povrch. tření [-]

z_0 parametr drsnosti povrchu [cm]

Je-li vertikální překážka pro vzduch nepropustná, způsobuje, že se před ní vzduch nashromáždí, stlačuje a jeho rychlost klesá až k nulovým hodnotám. Vytváří se jakýsi polštář, po kterém se další vzduchová hmota přelévá přes překážku. Nad překážkou se proudnice zhušťují, takže svisle nad ní a v nejbližším okolí se budou vyskytovat vyšší rychlosti proudění. Vliv návrší a hřebenů má celou řadu specifik. Především je závislý na relativním převýšení, zeměpisné orientaci, sklonu svahů a charakteru podloží. Velký praktický význam má místní cirkulace ovzduší s denní periodicitou (horské a údolní větry). Přes den se údolí intenzívně prohřívají, což napomáhá proudění vzduchu údolím v podélném směru vzhůru k horským hřebenům (tzv. údolní vítr). Naopak v noci stéká chladný vzduch po svazích do údolí (horský vítr). Nad horskými, stejně jako nad údolními větry vznikají protisměrné kompenzační vzdušné proudy [16, 19].

Údolí, řečiště s vysokými břehy a jiné táhlé sníženiny mají směr a rychlost větru tím větší vliv, čím jsou širší. Vane-li vítr kolmo na údolí, snižuje se nad ním rychlost. U převládajícího směru větru nedochází ke změně, v místě náhlého zeslabení větru se však objevuje turbulentní zóna, zejména se projevující změnami směru větru v údolí. Na jeho dně se vyskytují buď slabé větry ve směru údolí, nebo bezvětří. Lesní porost tvoří přirozenou vertikální překážku, vzduch před ní zpomaluje pohyb a jeho převážná část se zvedá nad vrcholky stromů, zbytek proniká s postupně slábnoucí rychlostí do porostu. Vzdálenost oblasti ztišení větru závisí na směru a rychlosti převládajícího proudění (ve volné krajině) a na charakteru lesa (výška, hustota a druh stromů). Větší část vzduchu se přelévá nad lesem. Vrcholky stromů tvoří nerovný povrch, který je propustný a pohyb vzduchu v jeho úrovni má vždy turbulentní charakter. V důsledku toho dochází k výměně vzduchu v lese se vzduchem bezprostředně se přesunujícím nad ním [16, 33].

Vliv sídlišť na pohyby vzduchu je velmi komplikovaný. Ulice orientované shodně s převládajícím směrem větru nekladou větru žádné překážky, zatímco za téže situace je v příčně orientovaných ulicích vítr slabý, vyskytuje se i bezvětří. V místech vyústění příčných komunikací do ulic s pohybujícím se vzduchem existuje silná turbulence. Silná turbulence je i ve výšce střech domů. Ulice šikmé vzhledem ke směru proudění mohou způsobit odklon pohybu vzduchu od převládajícího směru. Rozsáhlá prostranství (náměstí) mají větrné poměry podobné těm, které existují ve volné krajině. Ve dne směřuje místní cirkulace do města a je ovlivněna všeobecným pohybem ovzduší [16, 33].

Hodnoty parametru drsnosti povrchu jsou uvedeny v tabulce 4.6.

Tabulka. 4.6. Hodnoty parametru drsnosti povrchu [19]

Typ povrchu	z_0
Velmi hladký povrch (sníh, led)	0,001
Urovnaný kompaktní povrch	0,01
Travnatá louka, výška trávy 1 cm	0,1
Rovina s řídkou trávou výšky do 10 cm	0,7
Rovina s hustou trávou výšky do 10 cm	2,3
Rovina s řídkou trávou výšky do 50 cm	5,0
Rovina s hustou trávou výšky do 50 cm	9-10
Velké město	100-200

4.4.4. Atmosférická difúze

Při šíření nebezpečných látek v atmosféře dochází k molekulární a turbulentní difúzi částic. Molekulární difúze je způsobena chaotickým pohybem molekul a je závislá na individuálních vlastnostech difundující látky. Molekulární difúze má na šíření nebezpečných látek zanedbatelný vliv, zásadní vliv má difúze turbulentní.

Turbulentní (atmosférická) difúze je důsledkem turbulencí atmosféry, což je vlastně soustavné promíchávání atmosféry vlivem působení složky kolmé na průměrný směr pohybu vzduchu. Přemísťování vzduchové hmoty je způsobeno existencí neuspořádaných větrných proudů o průměru od několika centimetrů do několika desítek metrů. Průměrné doby trvání

turbulentního pohybu dosahují od jedné sekundy až do přibližně dvou hodin. Turbulentní pohyb atmosféry vzniká v důsledku působení mechanických, dynamických a termických sil. Mechanickými silami je míněno tření vzduchu o podloží, dynamickými silami změny rychlosti větru s výškou a termickými silami nadlehčující archimédovské síly působící v důsledku rozdílu hustoty vzduchu vlivem teplotního gradientu [14, 19].

Mikroturbulence uvnitř oblaku toxické látky přispívá k jeho homogenitě a do značné míry i stabilitě. Hustší plyny (částice) jsou ze spodních vrstev vynášeny do vrstev vyšších a naopak plyny s nižší hustotou prodělávají v oblaku pohyb opačný. Při makroturbulenci, projevující se náhlými nárazy větru a změnami jeho směru, se může oblak rozdělit na několik částí, které se promíchávají s nekontaminovaným vzduchem a nahromaděnou plynnou směsí rozptylují. Turbulentní difúzi ovlivňuje řada činitelů. Především se to týká průběhu rychlosti větru s výškou, vlivu terénních tvarů, předmětů a rostlinné pokrývky na vzdušné proudění a zvláště pak vertikální zvrstvení (stratifikace) atmosféry – inverze, izotermie, konvekce [16, 33].

4.4.5. Určení meteorologických situací pro modelování úniku nebezpečných látek

Pro účely modelování úniku nebezpečných látek je zapotřebí stanovit modelové meteorologické situace. Je skutečností, že je nereálné určit s vysokou pravděpodobností meteosituační, která by odpovídala meteorologické situaci při skutečném úniku nebezpečné látky. Proto je zapotřebí stanovit takové, které jsou pro účely modelování úniku nebezpečných látek pravděpodobné, a meteosituační, které jsou z hlediska ochrany obyvatelstva kritické. Pro tyto účely se dále vychází z metodiky americké agentury pro ochranu ovzduší (EPA), která doporučuje úniky nebezpečných látek hodnotit pro 2 meteorologické situace – neutrální a kritické klimatické podmínky [19, 34].

Neutrální klimatické podmínky

Tato meteorologická situace vychází z metodiky EPA, reprezentuje standardní neutrální podmínky a je definována následovně:

- Pasquillova třída stability D
- rychlost větru 3 m.s^{-1} ve výšce 10 m
- teplota 9°C
- jedná se o zastavěnou oblast ($z_0 = 100 \text{ cm}$)
- oblačnost – zataženo 70% oblohy
- vlhkost vzduchu 76%

Pasquillova třída stability a hodnota rychlosti větru jsou dány metodikou, teplota, oblačnost a vlhkost vzduchu se pak zadává pro určitou konkrétní oblast.

Kritické klimatické podmínky

Tato meteorologická situace vychází z již zmiňované metodiky EPA, reprezentuje velmi stabilní podmínky – tedy inverzi, kdy je velmi silně utlumen vertikální pohyb vzduchu a v přízemní vrstvě atmosféry se udržují vysoké koncentrace uniklé nebezpečné látky. Tato meteorologická situace je definována následovně:

- Pasquillova třída stability F
- rychlost větru $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ ve výšce 10 m
- teplota 25°C
- jedná se o zastavěnou oblast ($z_0 = 100 \text{ cm}$)
- oblačnost – zataženo 70% oblohy
- vlhkost vzduchu 76%

Pasquillova třída stability, hodnota rychlosti větru a teploty jsou dány metodikou, oblačnost a vlhkost vzduchu se pak zadává pro určitou konkrétní oblast.

4.5. Vlastní modelování nebezpečných látek

Účelem modelování bylo především určit rozsah a stupeň ohrožení při jednorázovém úniku amoniaku za neutrálních a kritických klimatických podmínek, ze zařízení, která mají podle dílce zákona 59/2006 Sb. o zařazení podniku do skupiny A nebo B, podlimitní množství amoniaku, či-li nespádají ani do skupiny A ani B. Pro účely tohoto modelování byly vytvořeny čtyři fiktivní podniky disponující kapalným amoniakem jako chladivem, v množství od 0,4 – 48 tun. Pro zařazení podniku používající amoniak jako chladivo do skupiny A, musí tento podnik disponovat celkem alespoň s 50 tunami amoniaku. Proto bylo tedy vybráno hraniční množství 48 tun, které toto nařízení nesplňuje, aby bylo možné ukázat, do jaké vzdálenosti při úniku se mohou uniklé páry amoniaku dostat a kolik osob může být v takovémto případě ohroženo. Z tohoto důvodu byly všechny čtyři podniky imaginárně rozmístěny, jak v centru města Brna, tak v jeho přilehlých částech, tedy v místech s vysokou koncentrací osob. Je totiž zřejmé, že v některých případech může zdroj rizika s podlimitním množstvím nebezpečných látek umístěný například v hustě obydleném území představovat větší ohrožení, než větší zdroj s nadlimitním množstvím umístěný mimo obytná území.

Nezařazené zdroje rizika lze definovat jako technologická zařízení obsahující menší množství nebezpečných látek, než jsou dány v limitech zákona o prevenci závažných havárií. Prevence havárií těchto zdrojů rizika tak není v současnosti legislativně zabezpečena, proto není vytvářen patřičný tlak na řízení a snižování rizik při provozování takovýchto zařízení. Nezařazené zdroje rizika jsou charakterizovány podle vlastností a množství umístěných nebezpečných látek. Jde především o toxické, hořlavé nebo výbušné látky. Jako příklady typických nezařazených zdrojů rizik lze uvést zařízení s amoniakem do 50 t, s chlorem do 10 t nebo LPG do 50 t. Uvádí se, že takovýchto nezařazených zdrojů rizika se vyskytuje na území ČR řádově stovky až tisíce [8, 35].

Poměrně často vyskytující se nebezpečnou látkou je čpavek. Pro své specifické vlastnosti se využívá ve strojovnách chlazení, proto nachází velké využití v potravinářském průmyslu. Množství čpavku ve strojovnách chlazení se liší především podle velikosti provozu, například masokombináty mívají 1,8 t, 7 t nebo i 48 t čpavku, pivovary 7 t nebo 25 t, mlékárny 6,6 t nebo 10 t. Dále se čpavek nachází na zimních stadiónech pro účely chlazení ledu, množství čpavku se pohybuje např. 6 t, 7,5 t až 12 t v případě, že na celý systém chlazení je využíván čpavek. V případě, že na sekundární okruh je využívána například solanka, klesá množství čpavku ve strojovně na zimním stadionu na cca 0,4 t. [8].

Z těchto údajů se potom vycházelo při vlastním modelování. Jak už bylo uvedeno výše, byly vytvořeny čtyři fiktivní podniky používající jako chladivo amoniak v podlimitním

množství a ty byly rozmístěny na území města Brna, většinou v lokalitách s vysokou koncentrací obyvatel. Umístění těchto podniků je pak znázorněno na přiložených mapách.

Jako první zařízení s podlimitním zdrojem amoniaku je zimní stadion ICE DREAM, kde se používá nepřímé chlazení čpavkem pomocí solanky. Z toho důvodu je množství amoniaku provozované v tomto zařízení pouze 400 kg. Dále je to mlékárna Kozí vrch, kde se provozuje čpavek v celkovém množství 7 tun. Třetím zařízením je pivovar Bivoj, kde se čpavek nachází v množství 25 tun. Posledním zařízením je pak masokombinát Vlček, kde se provozuje největší množství amoniaku, a to 48 tun. U všech zařízení byl modelován jednorázový únik, např. při celkovém rozvalení zásobníku amoniaku. I když tato situace je velice málo pravděpodobná, účelem bylo namodelovat co možná nejnebezpečnější situaci, která by mohla nastat.

Je zřejmé, že čpavek je nebezpečný především z hlediska toxicity. Zařízení se čpavkem představují jen malý stupeň nebezpečí požáru nebo výbuchu. Z hlediska toxicity byl pak amoniak porovnán s několika dalšími nejčastěji používanými toxickými látkami, mezi něž patří především chlór, sirouhlík, sirovodík, kyanovodík, formaldehyd a fosgen. Toxicita těchto látek už byla popsána v dřívější kapitole. Aby bylo porovnání těchto látek co možná nejsrozumitelnější a nejobjektivnější, byl modelován ve všech případech únik stejného množství nebezpečné látky, a to 500 kilogramů za neutrálních klimatických podmínek a 2000 kilogramů při kritických klimatických podmínkách.

Všechny zde uvedené situace úniku nebezpečných látek byly modelovány v softwaru firmy T – Soft, TerEx. Tento program a další jemu podobné předpokládají advekční transport ve směru větru, ve směru vertikálním a horizontálním kolmém na směr proudění pak statisticky popisují turbulentní difúzi pomocí normálního rozložení. Zanedbávají přitom, na rozdíl od numerických modelů, pro rozptyl podstatné vlivy, jako je konfigurace terénu a chemické reakce v ovzduší. Meteorologické podmínky a vliv zástavby jsou zohledněny jen částečně.

4.5.1. Základní charakteristika programu TerEx

Je nástroj pro rychlou prognózu dopadů a následků působení nebezpečných látek nebo výbušných systémů, zejména při jejich kategorickém zneužití. Model je vytvořen jako počítačový program s návazností na grafický informační systém pro přímé zobrazení výsledků v mapách. Je určen zejména pro operativní použití jednotkami IZS při zásahu, pro rychlé určení rozsahu ohrožení a realizaci následných opatření ochrany obyvatel. TerEx je využitelný velitelem zásahu přímo na místě nebo operačním důstojníkem v řídicím středisku. Stejně tak je vhodný pro analýzy rizik při plánování. Program poskytuje výsledky i při nedostatku přesných vstupních informací [36].

TerEx nabízí uživateli možnost vyhodnocení čtyř základních havarijních situací:

- **Modely typu TOXI** – vyhodnocují dosah a tvar oblaku, které jsou dány zvolenou koncentrací toxické látky
- **Modely typu UVCE** – vyhodnocují dosah působení vzdušné rázové vlny, vyvolané detonací směsi látky se vzduchem

U modelu PLUME:

- ♦ déletrvající únik plynu do oblaku,
- ♦ déletrvající únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku,
- ♦ pomalý odpar kapaliny z louže do oblaku,

U modelu PUFF:

- ♦ jednorázový únik plynu do oblaku,
- ♦ jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku.
- **Modely typu FLASH FIRE** – vyhodnocují velikost prostoru ohrožení osob plamennou zónou – efekt Flash Fire:
 - ♦ BLEVE – výbuch par expandující vroucí kapaliny
 - ♦ JET FIRE – déletrvající masivní únik plynu nebo kapaliny pod vysokým tlakem se zahořením,
 - ♦ POOL FIRE – požár louže kapaliny nebo vroucí kapaliny.
- **Model typu TEROR** – vyhodnocuje možné dopady detonace výbušných systémů.

Výsledky výpočtu modelu TerEx jsou uspořádány velmi jednoduše, srozumitelně a především jednoznačně, takže usnadňují rychlé rozhodování. Výsledný havarijní model je možné uložit do databáze „Havarijních událostí“. TerEx splňuje normy NATO pro systém předávání zpráv ve formátu ADatP-3. Poskytuje také výstup v textovém formátu či v XML. Modelovací systém je rovněž vybaven možností synchronního krokování např. pro potřeby vizuální animace či pro propojení na simulační systém ESIM 2000 [4, 36].

4.5.2. Srovnání toxicity amoniaku s ostatními nebezpečnými látkami

Pro srovnání toxicity bylo k amoniaku vybráno 6 nejběžněji používaných toxických látek. Zastoupeny jsou tedy chlór, sirouhlík, sirovodík, kyanovodík, formaldehyd a fosgen.

Vstupní informace:

Tabulka. 4.7. Vstupní informace pro srovnání toxicity látek

Množství toxické látky [kg]	Typ úniku	Teplota kapaliny v zařízení [°C]	Rychlost větru [m.s ⁻¹]	Oblačnost [%]	Doba vzniku	Typ atmos. stálosti
500	PUFF	25	3	75	Den - jaro	C (izotermie)
2000	PUFF	25	1,5	75	Noc, ráno, večer	F (inverze)

U všech šesti toxických látek, které byly použity při srovnání jejich toxického účinku s amoniakem, byly namodelovány vždy dvě situace, které se lišily, jak v množství uniklé látky, tak v atmosférické stálosti a době vzniku. Výsledné hodnoty jsou pak uvedeny v tabulce č. 9, pro množství 500 kg, za izotermie a v tabulce č. 10, pro množství 2000 kg, za inverze.

Výsledné hodnocení toxického účinku pro množství 500 kg a při izotermii:

Tabulka 4.8. Porovnání toxického účinku látek pro množství 500 kg a při izotermii

Název látky	Nezbytná evakuace osob [m]	Doporučená vzdálenost pro průzkum toxické koncentrace [m]
Amoniak	166	408
Sirovodík	163	375
Sirouhlík	233	336
Chlór	411	690
Formaldehyd	438	792
Kyanovodík	668	1140
Fosgen	718	1110

Výsledné hodnocení toxického účinku pro množství 2000 kg a při inverzi:

Tabulka 4.9. : Porovnání toxického účinku látek pro množství 2000 kg a při inverzi

Název látky	Nezbytná evakuace osob [m]	Doporučená vzdálenost pro průzkum toxické koncentrace [m]
Amoniak	939	1470
Sirouhlík	736	1220
Sirovodík	846	1360
Chlór	1970	1970
Formaldehyd	2220	2850
Kyanovodík	3360	4100
Fosgen	3360	4000

Z uvedených výsledků je vidět, že podobný toxický účinek jako amoniak mají pouze sirouhlík a sirovodík, kde ta vzdálenost nezbytné evakuace osob se u těchto látek pohybuje okolo 200 metrů při úniku 0,5 tuny, respektive 1 kilometru při úniku 2 tunového množství. V případě chlóru a formaldehydu je už toxický účinek o poznání větší a například chlór se v 0,5 tunovém množství dodává do velkých úpraven vod a rovněž na koupalištích a krytých bazénech se pohybuje zásoba chlóru mezi 0,4 – 0,5 t, či-li tady je to riziko havárie velmi pravděpodobné a vzhledem k umístění většiny koupališť a krytých bazénů v centrech měst je uvedený 400 metrový okruh toxického účinku velmi varujícím signálem. Poslední dvě látky, kyanovodík a fosgen, jsou jedny z nejtoxičtějších látek vůbec. Ne nadarmo se fosgen používal v první světové válce jako bojový plyn. Dnes už je považován jako bojový prostředek za zastaralý a byl nahrazen modernějšími bojovými chemickými látkami. Vzhledem k jeho snadné dostupnosti (je vyráběn jako surovina pro chemický průmysl) není však vyloučeno jeho zneužití teroristy.

Z toho vyplývá, že i když k jednorázovému úniku těchto látek s velkou pravděpodobností dojde málokdy, je třeba být na tento scénář připraven, protože v případě havárie by i takto malá množství, vzhledem k vysoké toxicitě těchto látek, mohla způsobit závažné zdravotní následky obyvatel, žijících okolo zařízení, kde jsou tyto látky vyráběny, převáženy nebo skladovány.

5. VÝSLEDKY A DISKUSE

5.1. Případová studie úniku amoniaku z různých zařízení

Jak již bylo zmíněno, amoniak se díky svým vlastnostem používá v různých potravinářských zařízeních a zimních stadionech jako chladicí médium. Pro případovou studii byly vybrány čtyři zařízení, v nichž se amoniak, jako chladivo používá nejčastěji a v nichž se ve většině případů nachází v podlimitním množství, podle dikce zákona 59/2006 Sb. o prevenci závažných havárií. Tedy v množství menším, než je pro amoniak stanovených 50 t.

Jako zařízení, reprezentující tento podlimitní stav, byly tedy vybrány – zimní stadion, mlékárna, pivovar a masokombinát. Opět, aby byla možnost srovnání co nejobjektivnější, byla zvolena nejhorší varianta jednorázového úniku ze zařízení za dvou meteorologických podmínek. Všechny čtyři objekty byly fiktivně rozmístěny po městě Brně, záměrně v místech s vysokou koncentrací obyvatel. Mapy města Brna ukazující šíření oblaku jsou pak umístěny v příloze této práce. V následujících tabulkách a obrázcích jsou pak uvedeny množství amoniaku v jednotlivých zařízeních a výsledné vzdálenosti nezbytné evakuace osob při úniku toxického oblaku, případně prošlehnutí plamenem.

Vstupní informace:

Tabulka 5.1. : Vstupní informace případové studie úniku amoniaku z různých zařízení

Typ úniku	Teplota kapaliny v zařízení [°C]	Rychlost větru [m.s ⁻¹]	Oblačnost [%]	Doba vzniku	Typ atmos. stálosti
PUFF	25	3	75	Den - zima	C (izotermie)
PUFF	25	1,5	75	Noc, ráno, večer	F (inverze)

Množství amoniaku:

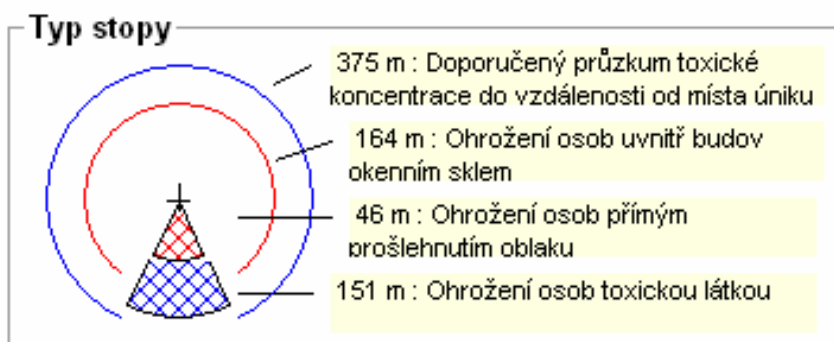
Tabulka 5.2. : Množství amoniaku v jednotlivých zařízeních

Typ zařízení	Látka	Druh látky	Množství [kg]
Zimní stadion ICE DREAM	amoniak	toxická	400
Mlékárna Kozí vrch	amoniak	toxická	7000
Pivovar Bivoj	amoniak	toxická	25000
Masokombinát Vlček	amoniak	toxická	48000

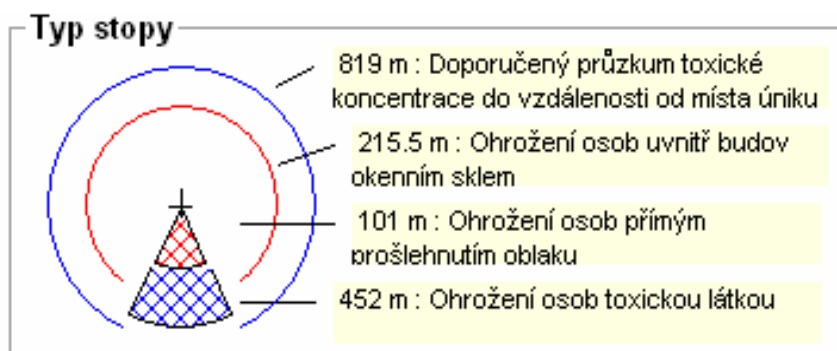
Jednorázový únik amoniaku ze zimního stadionu ICE DREAM

Tabulka 5.3. : Výsledné hodnoty evakuace osob při jednorázovém úniku amoniaku ze zimního stadionu ICE DREAM při dvou různých typech atm. stálosti

Množství [kg]	Typ atm. stálosti	Ohrožení osob tox. látkou [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov s okenním sklem [m]
400	C	151	46	79	164
400	F	452	101	131	216



Obrázek 5.1. Znázornění šíření a dosahu oblaku amoniaku při jednorázovém úniku ze zimního stadionu ICE DREAM a při izotermii.

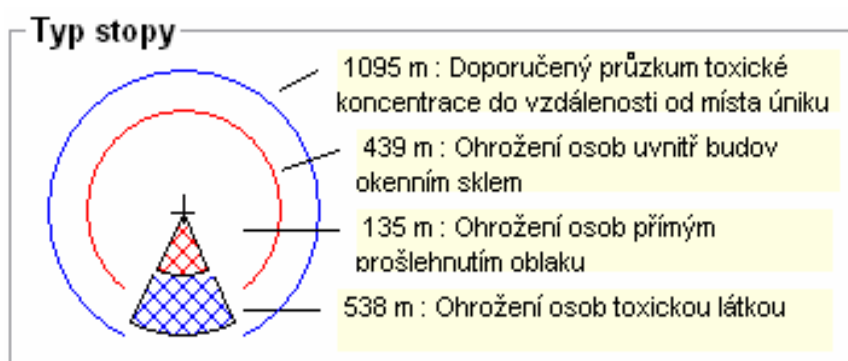


Obrázek 5.2. Znázornění šíření a dosahu oblaku amoniaku při jednorázovém úniku ze zimního stadionu ICE DREAM a při inverzi.

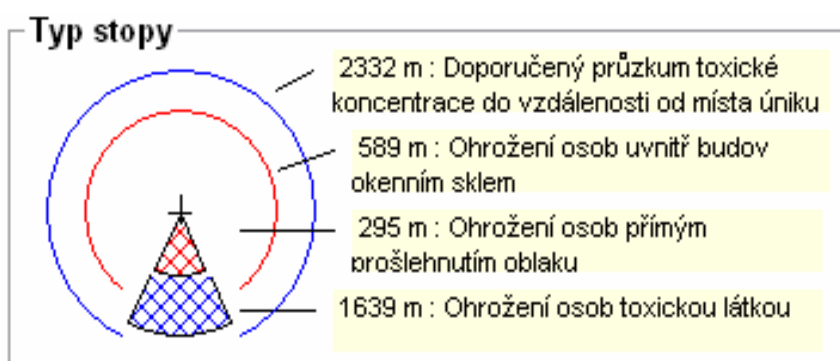
Jednorázový únik amoniaku z mlékárny Koží vrch

Tabulka 5.4. Výsledné hodnoty evakuace osob při jednorázovém úniku amoniaku z mlékárny Koží vrch při dvou různých typech atm. stálosti

Množství [kg]	Typ atm. stálosti	Ohrožení osob tox. látkou [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov s okenním sklem [m]
7000	C	538	135	217	439
7000	F	1640	295	367	589



Obrázek 5.3. Znáznornění šíření a dosahu oblaku amoniaku při jednorázovém úniku z mlékárny Koží vrch a při izotermii.

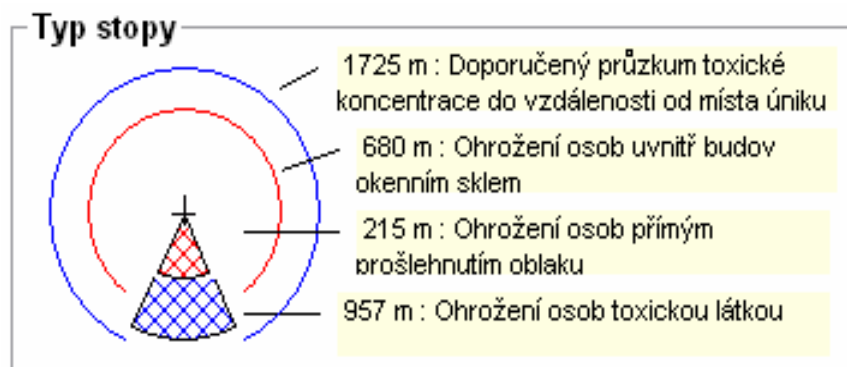


Obrázek 5.4. Znáznornění šíření a dosahu oblaku amoniaku při jednorázovém úniku z mlékárny Koží vrch a při inverzi.

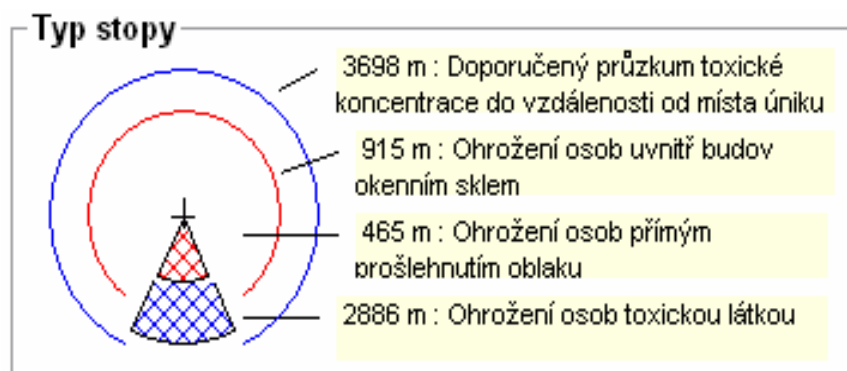
Jednorázový únik amoniaku z pivovaru Bivoj

Tabulka 5.5. Výsledné hodnoty evakuace osob při jednorázovém úniku amoniaku z pivovaru Bivoj při dvou různých typech atm. stálosti

Množství [kg]	Typ atm. stálosti	Ohrožení osob tox. látkou [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov s okenním sklem [m]
25000	C	957	215	340	680
25000	F	2890	465	575	915



Obrázek 5.5. Znázornění šíření a dosahu oblaku amoniaku při jednorázovém úniku z pivovaru Bivoj a při izotermii.

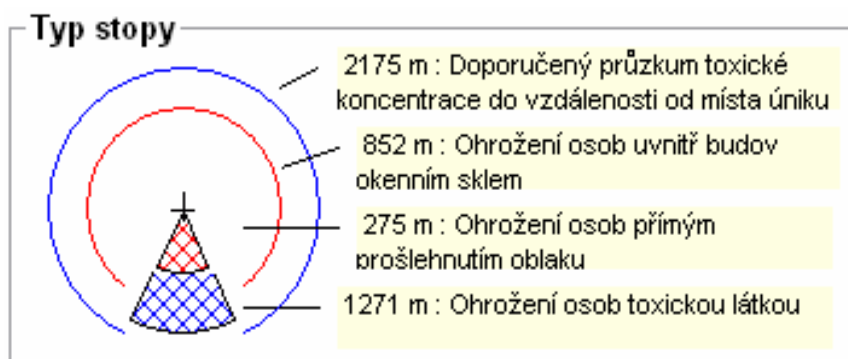


Obrázek 5.6. Znázornění šíření a dosahu oblaku amoniaku při jednorázovém úniku z pivovaru Bivoj a při inverzi.

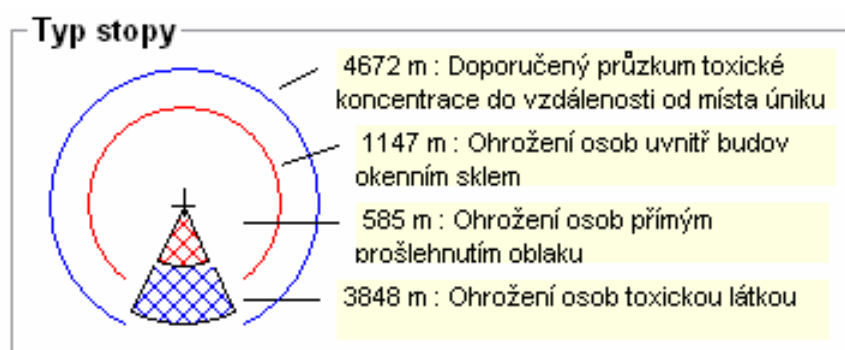
Jednorázový únik amoniaku z masokombinátu Vlček

Tabulka 5.6. Výsledné hodnoty evakuace osob při jednorázovém úniku amoniaku z masokombinátu Vlček při dvou různých typech atm. stálosti

Množství [kg]	Typ atm. stálosti	Ohrožení osob tox. látkou [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov s okenním sklem [m]
48000	C	1270	275	429	852
48000	F	3850	585	724	1150



Obrázek 5.7. Znáznornění šíření a dosahu oblaku amoniaku při jednorázovém úniku z masokombinátu Vlček a při izotermii.



Obrázek 5.8. Znáznornění šíření a dosahu oblaku amoniaku při jednorázovém úniku z masokombinátu Vlček a při inverzi.

Z výše uvedených výsledků lze vypožorovat zvýšené riziko zasažení obyvatel už i při menším úniku zkapalněného amoniaku ze zařízení (viz. únik amoniaku ze zimního stadionu). I když byla ve všech případech modelována nejhorší, ale málo pravděpodobná varianta jednorázového úniku, kdy se do ovzduší dostane veškeré množství zkapalněného amoniaku, které se v daném zařízení nachází, není vyloučeno, že může nastat. Z map uvedených v příloze této práce vyplývá, že by ve všech případech následky havárie překročily hranice objektu a zasáhly obyvatelstvo, při nejhorší variantě (únik amoniaku z masokombinátu při inverzi), až do vzdálenosti více než tři kilometrů.

Co se týká toxického působení uniklého amoniaku na obyvatele, je jasné, že část obyvatel se bude při expozici toxické látky nacházet uvnitř budov, část bude vně budov. Následky expozice na obě skupiny obyvatel, jak ukazují výsledky, pak budou diametrálně rozdílné. Předpokládá se, že lze odhadnout zlomek obyvatelstva, který se nachází uvnitř budov ($f_{\text{pop, in}}$) a zlomek obyvatelstva vně budov ($f_{\text{pop, out}}$). Situace se v průběhu 24 hodin mění a je odlišná v denní a noční dobu. Odhady jsou uvedené v následující tabulce:

Tabulka 5.7. Zlomek obyvatelstva uvnitř a vně budov [32]

	$f_{\text{pop, in}}$	$f_{\text{pop, out}}$
Den	0,93	0,07
Noc	0,99	0,01

Uvnitř budovy jsou osoby částečně chráněny v relativně uzavřených místnostech, ve kterých bude koncentrace nebezpečné látky po dobu 30 – 60 minut mnohonásobně nižší, než ve venkovních prostorech.

Zařízení uvedená v této případové studii úniku amoniaku se dnes vyskytují téměř v každém městě a mnohdy i na vesnicích. Často jsou přitom umístěna v místech s vysokou hustotou obyvatel. Jak je vidět, v případě úniku amoniaku z těchto podlimitních zařízení může nastat situace, kdy budou ohroženi nejen zaměstnanci uvnitř podniku, kteří jsou většinou vyškoleni jak se v takovéto situaci chovat, ale i okolní obyvatelé, jež z velké části o daném riziku vůbec nevědí nebo mají pouze omezené informace.

K základním postupům snižování rizika u takovýchto podniků patří zejména:

- změna technologie za modernější s menším množstvím nebezpečných látek
- náhrada nebezpečné látky za méně nebezpečnou
- snižování zásob nebezpečných látek na nezbytné minimum
- účinné oddělení množství nebezpečných látek v zařízení

Výborný příklad takového snižování rizika si pak lze ukázat na problematice zimních stadionů. Většina zimních stadionů v České republice (až 74%) používá stále ještě jednookruhový chladicí systém, kde se množství amoniaku pohybuje od 2 do 5 tun. Dalších asi 19 % zimních stadionů s jednookruhovým chladicím systémem disponuje největším množstvím amoniaku, které se pohybuje od 5 do 10 a více tun. Tento typ stadionů je nejméně přijatelný z hlediska bezpečnosti [37].

Chladicí zařízení u obou typů stadionů pracuje na principu přímého vypařování amoniaku v trubkovém systému ledové plochy. U tohoto systému chlazení dochází nejčastěji k opotřebení, zestárnutí nebo překročení životnosti zařízení, zejména u kompresorů, čerpadel

a rozvodů amoniaku (potrubní a trubkový systém, armatury, sváry). U těchto typů stadionů je tedy velká pravděpodobnost úniku amoniaku. Nebezpečí takového úniku je ještě navýšeno tím, že k havárii může velmi pravděpodobně dojít např. při sportovním utkání, kdy se na stadionu, a tedy přímo u zdroje případného úniku, může nacházet velký počet lidí, jež by byli vystaveni velmi vysoké koncentraci toxického působení amoniaku.

Takovéto stadiony je tedy třeba rekonstruovat a zavést na nich už modernější dvoukruhové chlazení, kdy přechodem na sekundární okruh chlazený jinou látkou (například solankou nebo glykolem), se může snížit množství amoniaku až na 400 kg. Tento moderní způsob chlazení ale zatím v České republice využívá asi jen 7% zimních stadionů.

6. ZÁVĚR

Hlavním smyslem této diplomové práce je především upozornit na nebezpečí, jež mohou zařízení, v nichž se amoniak vyskytuje v podlimitním množství, znamenat pro obyvatelstvo žijící v jejich těsné blízkosti a jež si ve většině případů riziko případného úniku vůbec neuvědomuje. Tyto podniky a zařízení, jež podle platné legislativy nedisponují alespoň 50 tunami amoniaku (pro zařazení do skupiny A), se označují jako podlimitní a v tomto případě nemusí mít vypracován žádný bezpečnostní program, havarijní plány a ani nemusí informovat veřejnost o případném nebezpečí.

Přitom v České republice jsou téměř v každém městě i na vesnicích provozována zařízení, která využívají amoniak jako náplň chladicí techniky. Jedná se zejména o potravinářské podniky, jako jsou mlékárny, pivovary, sodovkárny, mrazírny, jatka a místa sportovního využití, ke kterým patří zimní stadiony, kluziště nebo krasobruslařské haly. Tato zařízení se převážně vyskytují přímo v centrech měst, kde je vysoká koncentrace obyvatel a jsou tedy rizikovější, než podniky využívající mnohem větší množství nebezpečných chemických látek, jež jsou umístěné na okrajích měst, kde koncentrace obyvatel, kteří by byli v případě havárie zasaženi, je přece jen menší.

Při srovnání toxicity amoniaku s nejběžněji používanými toxickými látkami se ukázalo, že amoniak sice nepatří k těm nejvíce nebezpečným látkám, ale už únik 500 kilogramového množství by zapříčinil evakuaci obyvatel do vzdálenosti necelých 200 metrů. Z hlediska toxických účinků se s ním dají srovnávat pouze sirouhlík a sirovodík. Ostatní porovnávané látky: chlór, formaldehyd, kyanovodík a fosgen už mají toxické účinky diametrálně větší. Přestože amoniak nepatří k nejtoxičtějším látkám, tak zařízení, v nichž se vyskytuje v podlimitním množství, jsou díky velké četnosti výskytu, obrovským zdrojem rizika.

V případové studii úniku amoniaku z různých zařízení bylo použito množství chladiva od několika set kilogramů až po 48 tun, jež bylo použito záměrně, protože podnik s tímto množstvím stále ještě nespadá do 50 tunového minima pro zařazení do skupiny A podle platné legislativy. Všechna čtyři zařízení, zimní stadion, mlékárna, pivovar a masokombinát, pak byla imaginárně rozmístěna po městě Brně, záměrně v obydlených oblastech, kde se běžně ve skutečnosti vyskytují. Výsledné hodnoty např. pro masokombinát Vlček, který disponuje právě těmito hraničními 48 tunami, ukazují, že při izotermii dosahuje ohrožení osob toxickou látkou až do vzdálenosti více než kilometru a při inverzi je ta vzdálenost dokonce téměř čtyři kilometry. Stejně tak hodnoty při úniku ze zbývajících zařízení se pohybují v rozmezí minimálně několika set metrů.

Je tedy zarážející, že i přes známé skutečnosti úniku amoniaku podobných množství při haváriích v minulosti, je limitní množství pro amoniak podle zákona o prevenci závažných havárií stanoveno na 50 tun pro skupinu A, a 200 tun pro skupinu B. Jak je vidět v případě zimního stadionu ICE DREAM, už únik 400 kilogramů amoniaku, může při inverzi zasáhnout obyvatelstvo až do vzdálenosti půl kilometru.

Na druhou stranu je ale třeba zmínit, že při konzultacích k této diplomové práci na ředitelství HZS JK v Brně se ukázalo, že složky HZS mají tyto podlimitní zdroje rizika poměrně dobře zmapované a vědí o nich. Zda je to tak ovšem ve všech krajích České republiky je otázkou.

Tato práce tedy jasně ukázala, že zařízení s podlimitním množstvím amoniaku představují závažné ohrožení nejen zaměstnanců daného podniku, ale především obyvatel žijících v jeho

bezprostřední blízkosti a také že limitní množství pro zařazení do skupiny A nebo B jsou v legislativě nastavena poměrně nevhodně.

7. LITERATURA

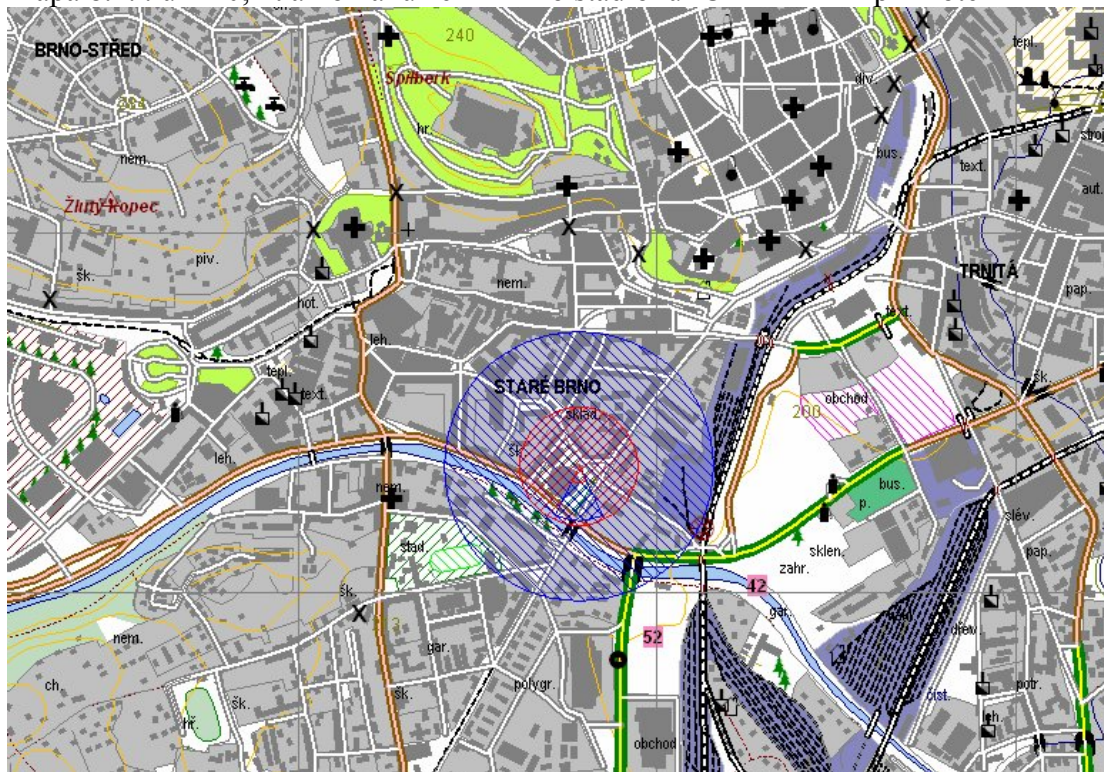
1. KROUPA, M., ŘÍHA, M. Průmyslové havárie. 1. vyd. Praha: ARMEX PUBLISHING 2007. 169 s. ISBN 978-80-86795-49-2.
2. ZAPLETALOVÁ – BARTLOVÁ, I., BALOG, K. Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií. 1. vyd. SPBI, Ostrava, 1998. 138 s. ISBN 80-86111-07-5.
3. BARTLOVÁ, I., DAMEC, J. Prevence technologických zařízení. 1. vyd. SPBI, Ostrava, 2002. 243 s. ISBN 80-86634-10-8.
4. BARTLOVÁ, I., PEŠÁK, M. Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií II. 1. vyd. SPBI, Ostrava, 2003. 138 s. ISBN 80-86634-30-2.
5. SEVESO II. Překlad a úprava Zapletalová – Bartlová, I. SPBI Spektrum II. Ostrava 1998, ISBN 80-86111-20-2.
6. MAŠEK, I., MIKA, O. J., ZEMAN, M. Prevence závažných průmyslových havárií. 1. vyd. VUT FCH, Brno, 2006. 98 s. ISBN 80-214-3336-1.
7. SEVESO III. Překlad a úprava Zapletalová – Bartlová, I. SPBI Spektrum VIII. Ostrava 2002, ISBN 80-86634-00-0.
8. BERNATÍK, A. Prevence závažných havárií I. 1. vyd. SPBI, Ostrava, 2006. 86 s. ISBN 80-86634-89-2.
9. Zákon č. 59/2006 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky.
10. BABINEC, F. Management rizika (Loss Prevention & Safety Promotion), Slezská Univerzita v Opavě, Brno 2005.
11. TAYLOR, J. R. Risk Analysis for Process Plant, Pipelines and Transport, 1. Edit., London, E and FN Spoon Imprint Chapman and Hall, England 1994
12. Zákon č. 111/1994 Sb. o silniční dopravě
13. BARTLOVÁ, I. Nebezpečné látky I. 2. rozšířené vyd. SPBI, Ostrava, 2005. 211 s. ISBN 80-86634-59-3.
14. URBAN, I. Informační minimum pro hodnocení havárií spojených s výronem inhalačně toxických zkapalněných plynů a těkavých kapalin (nebezpečných škodlivin), MŽP ČR. Praha, 1993.
15. Zákon č. 356/2003 Sb. o chemických látkách a chemických přípravcích.
16. FLORUS, S. Toxikologické aspekty chemických havárií (doplňkové texty pro posluchače kombinované formy studia studijního programu Ochrana obyvatelstva). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 2007. 69 s.
17. BALOG, K., BARTLOVÁ, I. Základy toxikologie. 1. vyd. SPBI, Ostrava, 1998. 107 s. ISBN 80-86111-29-6.
18. KOLSKÁ, Z. Toxikologie. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Ústí nad Labem, 2007. 88 s.
19. FOLWARCZNY, L., POKORNÝ, J. Evakuace osob. 1. vyd. SPBI, Ostrava, 2006. 125 s. ISBN 80-86634-92-2.
20. Vyhláška 6/2003 Sb. o hygienických limitech chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb.
21. MARHOLD, J. Přehled průmyslové toxikologie. Anorganické látky. 2. vyd. Praha, Avecinum, 1980, 528 s.
22. SAX, N. I., LEWIS, R. J. Dangerous Properties of Industrial Materials. 7th ed, Vol 2. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989, 231.
23. MULDER, J. S., VAN DER ZALM, H. Q. Fatal case of ammonia poisoning (in Dutch), 458 – 460, 1967.
24. MICHAELS, R. A. Emergency Planning and the Acute Toxic Potency of Inhaled Ammonia. Environmental Health Perspectives, Vol 107. New York. 617 – 626, 1999.

25. TEN BERGE, W. F., ZWART, A., APPELMAN, L. M. Concentration – time mortality response relationship of irritant and systemically acting vapours and gases. *J Hazard Mater* 13: 301 – 309, 1986.
26. MARKHAM, R. S. A review of damage from ammonia spills. In: *Ammonia Plant Safety*. Boston, MA: American Institute of Chemical Engineers, 1986, 136.
27. MIKA, O. J., NEKVAPILOVÁ, V., VUČINIČ, S., STOJILKOVIČ, M. P. Čpavková havárie v Bělehradě 1998, případová studie, *Vojenské zdravotnické listy*, číslo 2, 2005, str. 63 – 68.
28. MIKA, O. J., NEKVAPILOVÁ, V. Nebezpečí čpavkových havárií a jejich modelování. *Žilinská univerzita v Žilině, FŠI, Krízový manažment* – 1/2007.
29. SKÁCEL, A. Hodnocení zdravotních rizik expozici chlóru a amoniaku. Protokol č. 131304 o autorizovaném hodnocení zdravotních rizik, Ostrava, Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, 2004.
30. ŠIŠKA, F. *Ochrana ovzdušia*. Bratislava: Alfa, 1981, MDT 502.55:628.5
31. BEDNÁŘ, J., ZIKMUNDA, O. *Fyzika mezní vrstvy atmosféry*. Praha, Academia Praha, 1985.
32. BERNATÍK, A. *Prevence závažných havárií II*. 1. vyd. SPBI, Ostrava, 2006. 86 s. ISBN 80-86634-90-6
33. Chem-51-4 *Meteorologické zabezpečení monitorování radiační a chemické situace*. Praha: Ministerstvo obrany 2003. 220 s.
34. RMP EPA Guidance: Environmental Protection and Emergency Response, Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office (1999). RMP Series Risk.
35. MIKA, O. J., VIK, M., KELNAR, L. Rozšířené a závažné zdroje rizik, 112 *Odborný časopis požární ochrany, IZS a ochrany obyvatelstva*, 9/2004.
36. T – SOFT, firemní manuál softwaru TerEx.
37. Zpráva veřejného ochránce práv ve věci bezpečnosti zimních stadionů v České republice, Brno, 2006
38. SKILLEN, J. (The Fertilizer Institute, Washington, DC). Letter transmitting report AEGL values for ammonia, including attachment A: dose reconstruction modeling for recent ammonia accident. In: *National Advisory Committee on Acute Exposure Guideline Levels. Ammonia Docket*. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 1997.

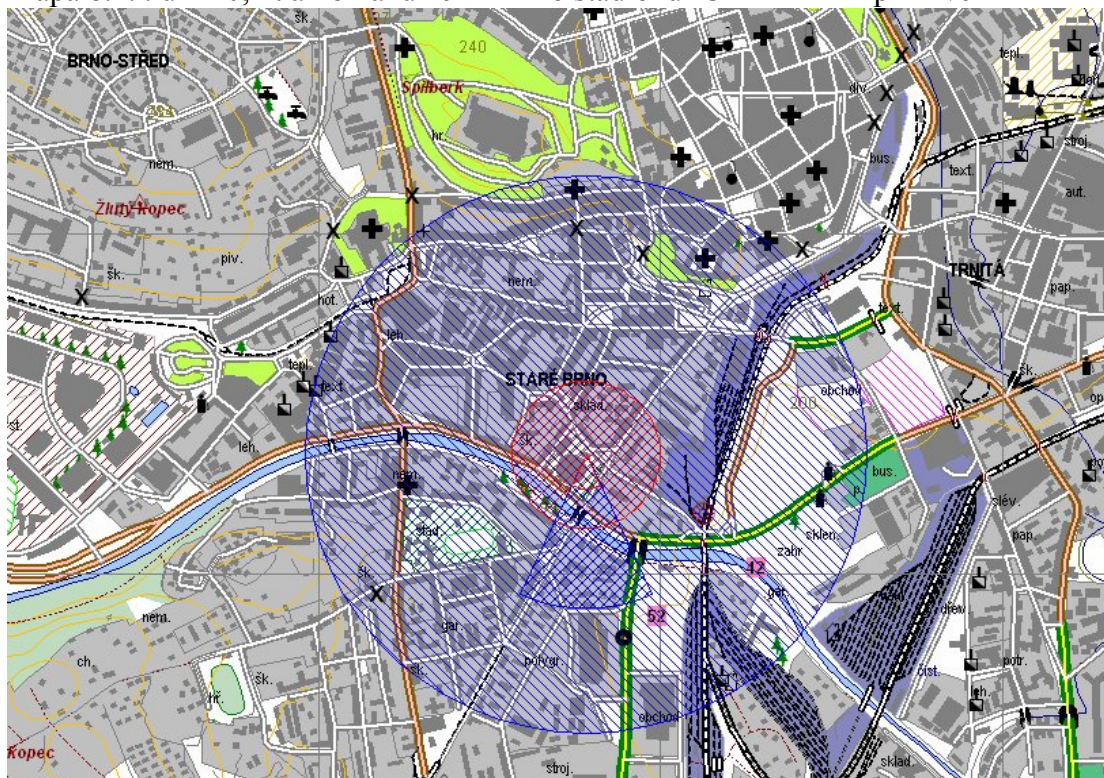
8. PŘÍLOHY

Příloha 1 Mapy Brna ukazující šíření amoniaku při úniku z různých zařízení

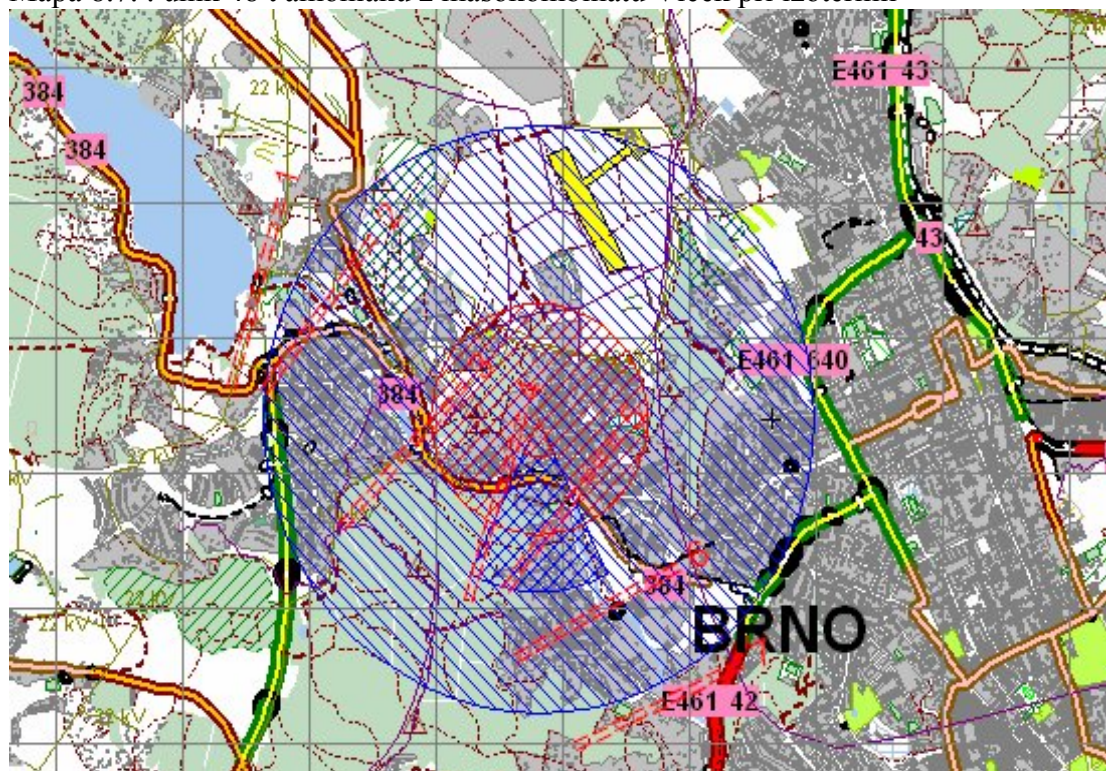
Mapa 8.1. : únik 0,4 t amoniaku ze zimního stadionu ICE DREAM při izotermii



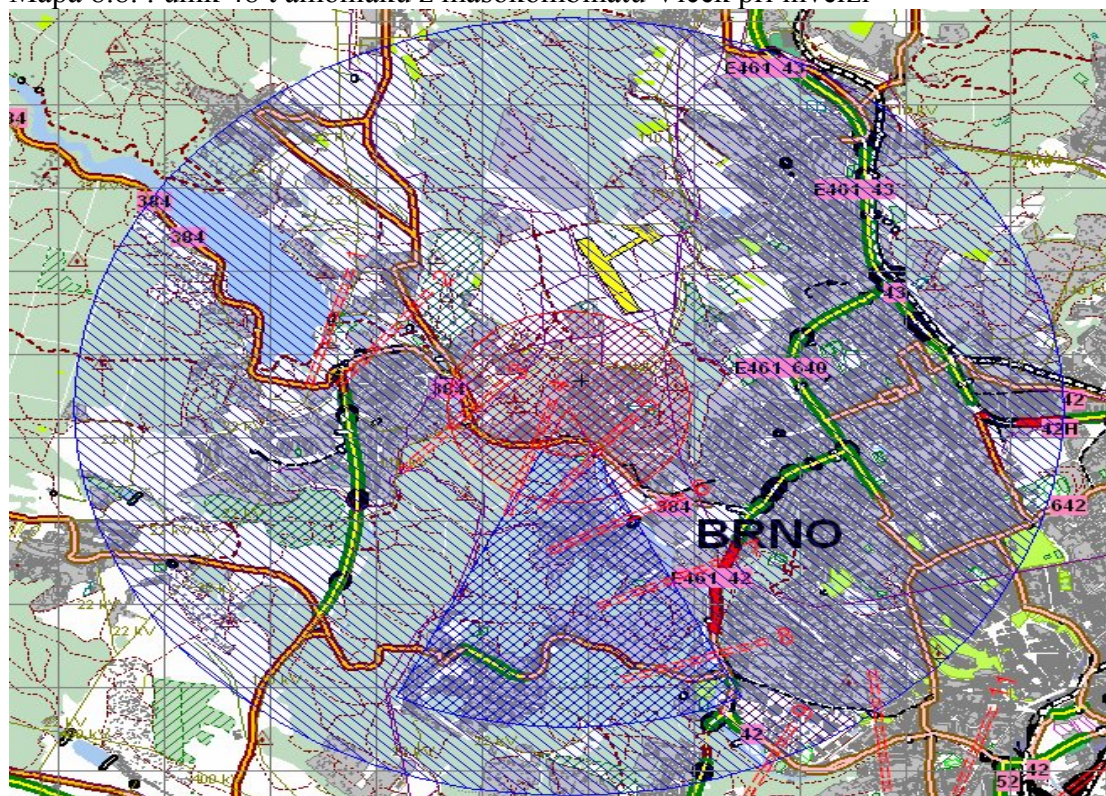
Mapa 8.2. : únik 0,4 t amoniaku ze zimního stadionu ICE DREAM při inverzi



Mapa 8.7. : únik 48 t amoniaku z masokombinátu Vlček při izotermii



Mapa 8.8. : únik 48 t amoniaku z masokombinátu Vlček při inverzi



Příloha 2 Tabulky rozhodující o zařazení objektu nebo zařízení do skupiny A nebo B

Tabulka I. Jmenovitě vybrané nebezpečné látky

Položka	Nebezpečné látky	množství v tunách	
		sloupec 1	sloupec 2
1.	Dusičnan amonný (viz poznámku 1)	5 000	10 000
2.	Dusičnan amonný (viz poznámku 2)	1 250	5 000
3.	Dusičnan amonný (viz poznámku 3)	350	2 500
4.	Dusičnan amonný (viz poznámku 4)	10	50
5.	Dusičnan draselný (viz poznámku 5)	5 000	10 000
6.	Dusičnan draselný (viz poznámku 6)	1 250	5 000
7.	Oxid arseničný, kyselina arseničná nebo její soli	1	2
8.	Oxid arsenitý, kyselina arsenitá nebo její soli		0,1
9.	Brom	20	100
10.	Chlór	10	25
11.	Sloučeniny niklu ve formě inhalovatelného prášku (oxid nikelnatý, oxid nikličitý, sulfid nikelnatý, disulfid trinitku, oxid niklitý)		1
12.	Ethylenimin	10	20
13.	Fluor	10	20
14.	Formaldehyd (koncentrace $\geq 90\%$)	5	50
15.	Vodík	5	50
16.	Chlorovodík (zkapalněný)	25	250
17.	Alkyly olova	5	50
18.	Zkapalněné extrémně hořlavé plyny (včetně LPG) a zemní plyn	50	200
19.	Acetylen	5	50
20.	Ethylenoxid	5	50
21.	Propylenoxid	5	50
22.	Methanol	500	5 000
23.	4,4-Methylenbis(2-chloranilin) nebo soli ve formě prášku		0,01
24.	Methyl-isokyanát		0,15
25.	Kyslík	200	2 000
26.	Toluen-diisokyanát	10	100
27.	Karbonyl dichlorid (fosgen)	0,3	0,75
28.	Arsenovodík (arsin)	0,2	1
29.	Fosforovodík (fosfin)	0,2	1
30.	Chlorid siričitý		1
31.	Oxid sírový	15	75
32.	Ropné produkty: (a) automobilové a jiné benzíny (b) petroleje (včetně paliva pro tryskové motory) (c) plynové oleje (zahrnující motorové nafty, topné oleje pro domácnosti a jiné směsi plynových olejů)	2 500	25 000
33.	Polychlorované dibenzofurany a polychlorované dibenzodioxiny (včetně TCDD), počítané jako TCDD ekvivalent (viz poznámku 7)		0,001
34.	Tyto KARCINOGENY v koncentracích větších než 5 % hmotnostních: 4-aminobifenyl nebo jeho soli, benzotrichlorid, benzidin nebo jeho soli, bis(chlormethyl) ether, chlormethyl methyl ether, 1,2-dibromethan, diethyl sulfát, dimethyl sulfát, dimethylkarbamoyl chlorid, 1,2-dibrom-3-chlorpropan, 1,2-dimethyl hydrazin, dimethyl nitrosoamin, hexamethylfosfotriamid, hydrazin, 2-naftylamin nebo jeho soli, 4-nitrodifenyl a 1,3 propansulton	0,5	2

Poznámka 1 k Tabulce I

Dusičnan amonný (5 000/10 000) - hnojiva schopná samovolného rozkladu.

Používá se pro vícesložková/směsná hnojiva (vícesložková/směsná hnojiva obsahující dusičnan amonný s fosforečnanem a/nebo uhličitánem draselným), u kterých je obsah dusíku z dusičnanu amonného

- 15,75 % hmotnostních (obsah dusíku z dusičnanu amonného 15,75 % hmotnostních odpovídá dusičnanu amonnému o koncentraci 45 %) až 24,5 % hmotnostních (obsah dusíku z dusičnanu amonného 24,5 % hmotnostních odpovídá dusičnanu amonnému o koncentraci 70 %), a které obsahují celkem více než 0,4 % spalitelných/organických látek nebo splňují požadavky zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů.
- 15,75 % hmotnostních (obsah dusíku z dusičnanu amonného 15,75 % hmotnostních odpovídá dusičnanu amonnému o koncentraci 45 %) nebo méně a spalitelné látky nejsou omezeny, a které jsou podle mezinárodní úmluvy schopny samovolného rozkladu.

Poznámka 2 k Tabulce I

Dusičnan amonný (1 250/5 000) - jakost pro hnojiva.

Používá se pro hnojiva na bázi dusičnanu amonného a pro vícesložková/směsná hnojiva na bázi dusičnanu amonného, u kterých je obsah dusíku z dusičnanu amonného

- větší než 24,5 % hmotnostních kromě směsí dusičnanu amonného s dolomitem, vápencem a/nebo uhličitánem vápenatým o čistotě alespoň 90 %,
- větší než 15,75 % hmotnostních u směsí dusičnanu amonného a síranu amonného,
- větší než 28 % hmotnostních (obsah dusíku z dusičnanu amonného 28 % hmotnostních odpovídá dusičnanu amonnému o koncentraci 80 %), u směsí dusičnanu amonného s dolomitem, vápencem a/nebo uhličitánem vápenatým o čistotě alespoň 90 %, a které splňují požadavky zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů.

Poznámka 3 k Tabulce I

Dusičnan amonný (350/2 500) - průmyslová jakost.

Používá se pro

- dusičnan amonný a přípravky z dusičnanu amonného, jejichž obsah dusíku z dusičnanu amonného je
- 24,5 % až 28 % hmotnostních a které neobsahují více než 0,4 % spalitelných látek,
- více než 28 % hmotnostních, a které neobsahují více než 0,2 % spalitelných látek,
- vodné roztoky dusičnanu amonného, ve kterých je koncentrace dusičnanu amonného větší než 80 % hmotnostních.

Poznámka 4 k Tabulce I

Dusičnan amonný (10/50) - materiál nevyhovující požadované specifikaci a hnojiva, která nesplňují požadavky detonační zkoušky.

Používá se pro

- materiál vyřazený v průběhu výrobního postupu a dusičnan amonný a přípravky z dusičnanu amonného, hnojiva na bázi dusičnanu amonného a vícesložková/směsná hnojiva na bázi dusičnanu amonného podle poznámek 2 a 3, které se vracejí nebo byly vráceny výrobcí, do dočasného skladovacího nebo zpracovatelského zařízení k přepracování, využití nebo

zpracování vedoucím k jejich bezpečnému používání, protože již nevyhovují specifikacím uvedeným v poznámkách 2 a 3;

- hnojiva podle první odrážky poznámky 1 a podle poznámky 2, která nesplňují požadavky zákona č. 156/1998 Sb. , o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů.

Poznámka 5 k Tabulce I

Dusičnan draselný (5 000/10 000) - směsná hnojiva na bázi dusičnanu draselného s dusičnanem draselným ve formě granulí nebo mikrogranulí.

Poznámka 6 k Tabulce I

Dusičnan draselný (1 250/5 000) - směsná hnojiva na bázi dusičnanu draselného s dusičnanem draselným v krystalické formě.

Poznámka 7 k Tabulce I

Polychlorované dibenzofurany (CDF) a polychlorované dibenzodioxiny (CDD).

Skutečné množství jednotlivých polychlorovaných dibenzofuranů(CDF) a polychlorovaných dibenzodioxinů (CDD) se vynásobí koeficienty uvedenými v následující tabulce:

Koeficienty toxických faktorů pro příbuzné látky			
2,3,7,8-TCDD	1	2,3,7,8-TCDF	0,1
1,2,3,7,8-PeDD	0,5	2,3,4,7,8-PeCDF	0,5
		1,2,3,7,8-PeCDF	0,05
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD		1,2,3,7,8,9-HxCDF	
1,2,3,7,8,9-HxCDD		1,2,3,6,7,8-HxCDF	
		2,3,4,6,7,8-HxCDF	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01		
OCDD	0,001	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01
		1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	
		OCDF	0,001
T = tetra, Pe = penta, Hx = hexa, Hp = hepta, O = okta			

Tabulka II Ostatní nebezpečné látky, klasifikované do skupin podle vybraných nebezpečných vlastností

Nebezpečné látky, které jsou klasifikovány jako (viz poznámka 1)	množství v tunách	
	sloupec 1	sloupec 2
1. Vysoce toxické	5	20
2. Toxické	50	200
3. Oxidující	50	200
4. Výbušné (viz poznámka 2) když látka, přípravek nebo předmět patří do podtřídy 1.4 Dohody ADR	50	200
5. Výbušné (viz poznámka 2) když látka, přípravek nebo předmět patří do kteréhokoliv z podtříd 1.1, 1.2, 1.3, 1.5 nebo 1.6 Dohody ADR nebo jsou označeny standardními větami označujícími specifickou rizikovitost R2 nebo R3	10	50
6. Hořlavé (viz poznámka 3(a))	5 000	50 000
7a. Vysoce hořlavé (viz poznámka 3(b) bod 1))	50	200
7b. Vysoce hořlavé kapaliny (viz poznámka 3(b) bod 2))	5 000	50 000
8. Extrémně hořlavé (viz poznámka 3(c))	10	50
9. Nebezpečné pro životní prostředí, označené standardními větami označujícími specifickou rizikovitost: i) R50: vysoce toxické pro vodní organismy (zahrnující R50/53) ii) R51/53: toxické pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí	100 200	200 500
10. Další nebezpečné vlastnosti které nejsou uvedeny výše ve spojení se standardními větami označujícími specifickou rizikovitost: i) R14: reaguje prudce s vodou (včetně R14/15) ii) R29: při styku s vodou se uvolňuje toxický plyn	100 50	500 200

Poznámka 1 k Tabulce II

Látky a přípravky se klasifikují podle zákona č. 356/2003 Sb. , o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

U látek a přípravků, které nejsou klasifikovány jako nebezpečné podle výše uvedeného zákona, například odpady, ale přesto jsou přítomné nebo by mohly být v závodě přítomné a mají nebo pravděpodobně mají za podmínek existujících v závodě rovnocenné vlastnosti z hledisek potenciálu závažné havárie, se dodržují postupy pro prozatímní klasifikaci v souladu s článkem upravujícím tuto oblast v příslušné vyhlášce.

Poznámka 2 k Tabulce II

"Výbušnými" se rozumí:

- látka nebo přípravek, u kterých hrozí nebezpečí výbuchu při nárazu, tření, požáru nebo vybuchují jiným zdrojem zapálení (označení specifické rizikovitosti standardní větou R2),
- látka nebo přípravek, které představují mimořádné nebezpečí výbuchu nárazem, třením, ohněm nebo vybuchují jinými zdroji zapálení (označení specifické rizikovitosti standardní větou R3),
- látka, přípravek nebo předmět zařazené podle Dohody ADR do třídy 1.

Definice zahrnuje pyrotechnické látky, které jsou pro účely tohoto zákona definovány jako látky (nebo směsi látek), které jsou určeny k tvorbě tepla, světla, zvuku, plynu nebo dýmu nebo kombinace těchto efektů prostřednictvím nevýbušné, neuhasínající exotermické chemické reakce.

Látky a předměty třídy 1 jsou podle klasifikačního schématu Dohody ADR zařazeny do podtříd 1.1 až 1.6. Jde o tyto podtřídy:

Podtřída 1.1 Látky a předměty, které jsou schopné hromadného výbuchu (hromadný výbuch je takový výbuch, který postihuje téměř celý náklad prakticky okamžitě).

Podtřída 1.2 Látky a předměty ohrožující okolí rozletem střepin a trosek, které však nejsou schopné hromadného výbuchu.

Podtřída 1.3 Látky a předměty zahrnující v sobě nebezpečí požáru a vykazující malé nebezpečí tlakové vlny nebo malé nebezpečí rozletu střepin nebo malé nebezpečí roztrhání, rozmetání či obě, ale bez nebezpečí hromadného výbuchu,

(a) při hoření vykazující výrazné tepelné záření nebo

(b) které postupně hoří tak, že vykazují malé účinky působení tlakové vlny nebo střepin nebo obou těchto účinků.

Podtřída 1.4 Látky a předměty, které v případě zážehu nebo vznícení vykazují jen malé nebezpečí výbuchu. Účinky jsou převážně omezeny na kus bez rozletu úlomků větších rozměrů nebo většího ohrožení okolí. Oheň, působící zevně, nesmí vyvolat prakticky současný výbuch téměř celého obsahu kusu.

Podtřída 1.5 Velmi málo citlivé látky schopné hromadného výbuchu, které jsou tak znečitlivělé, že pravděpodobnost jejich roznětu nebo přechodu hoření v detonaci je při běžných podmínkách velmi nízká. Jako minimální požadavek pro tyto látky je stanoveno, že nesmějí vybuchovat při zkoušce v ohni.

Podtřída 1.6 Extrémně znečitlivělé předměty, které nejsou schopné hromadného výbuchu. Předměty obsahují jen extrémně znečitlivělé detonující látky a vykazují zanedbatelnou pravděpodobnost jejich neúmyslné iniciace nebo rozšíření.

Definice také zahrnuje výbušné nebo pyrotechnické látky nebo přípravky v předmětech. Pokud je známo množství výbušné nebo pyrotechnické látky nebo přípravku v předmětu, pak pro účely tohoto zákona se uvažuje toto množství. Pokud množství není známo, pak se pro účely tohoto zákona pokládá takový předmět za výbušný.

Poznámka 3 k Tabulce II

Pro účely tohoto zákona "hořlavá", "vysoce hořlavá" a "extrémně hořlavá" znamená:

a) hořlavé kapaliny: látky a přípravky, které mají bod vzplanutí vyšší než nebo rovno 21°C a méně než nebo rovno 55°C (označení specifické rizikovosti standardní větou R10), podporující hoření;

b) vysoce hořlavé kapaliny

1) - látky a přípravky, které se mohou zahřát a nakonec vzplanout v kontaktu se vzduchem za okolní teploty bez jakéhokoli přívodu energie (označení specifické rizikovosti standardní větou R17),

- látky a přípravky, které mají bod vzplanutí nižší než 55°C a které zůstávají pod tlakem kapalně, u kterých zejména podmínky zpracování jako vysoký tlak nebo vysoká teplota mohou vytvořit nebezpečí závažné havárie,

2) látky a přípravky s bodem vzplanutí nižším než 21°C, které nejsou extrémně hořlavé (označení specifické rizikovosti standardní větou R11, druhá odrážka písm. b) bod 1).

c) extrémně hořlavé plyny a kapaliny:

1) kapalně látky a přípravky, které mají bod vzplanutí nižší než 0°C a bod varu (nebo v případě rozmezí varu počáteční bod varu), který je za normálního tlaku nižší nebo rovný 35°C

(označení specifické rizikovosti standardní větou R12), a

2) plyny, které jsou hořlavé ve styku se vzduchem za okolní teploty a tlaku (označení specifické rizikovosti standardní větou R12), vyskytující se v plynném nebo nadkritickém stavu, a

3) hořlavé a vysoce hořlavé kapalné látky a přípravky udržované o teplotě nad jejich bodem varu.

Příloha 3 Fotografie rizikových prostor zimního stadionu



Foto 8.1. : Strojovna chlazení na zimním stadionu [15]



Foto 8.2 : Potrubí s amoniakem pod ledovou plochou zimního stadionu [15]

Příloha 4 Bezpečnostní list Amoniak

BEZPEČNOSTNÍ LIST AMONIAK

Vydání:
Revize:
Strana: 1 / 8

1. IDENTIFIKACE LÁTKY/PŘÍPRAVKU A SPOLEČNOSTI/PODNIKU

1.1 Identifikace látky / přípravku

Obchodní název: Amoniak
Chemický název: Amoniak bezvodý
Registrační číslo: bude doplněno v souvislosti s registrací podle nařízení EP a Rady (ES) č.1907/2006

1.2 Použití látky / přípravku

Výroba dusíkatých hnojiv, pomocných textilních prostředků, plastických hmot, syntetických vláken, farmaceutických přípravků, látek na ochranu rostlin, barviv, v chladírenském průmyslu, v hutnictví k nitridování ocelí.

1.3 Identifikace společnosti / podniku

■ VÝROBCE

■ UVÁDĚNÍ NA TRH

■ ZPRACOVATEL BEZPEČNOSTNÍHO LISTU

1.4 Telefonní číslo pro naléhavé situace

• CENTRUM MINISTERSTVA ZDRAVOTNICTVÍ

Toxikologické informační středisko (TIS)
Na bojišti 1, 128 08 Praha 2, Česká republika
e-mail: tis@mbox.cesnet.cz
fax: +420 224 914 570

☎: +420 224 919 293 (nepřetržitě)
☎: +420 224 915 402 (nepřetržitě)

2. IDENTIFIKACE NEBEZPEČNOSTI

2.1 Klasifikace látky / přípravku

R 10
T; R 23
C; R 34
N; R 50

• bezpečnostní symboly: T Toxický
N Nebezpečný pro životní prostředí

• R-věty: 10-23-34-50
R 10 Hořlavý
R 23 Toxický při vdechování
R 34 Způsobuje poleptání
R 50 Vysoce toxický pro vodní organismy

• S-věty: (1/2-)9-16-26-36/37/39-45-61
S 1/2 Uchovávejte uzamčené a mimo dosah dětí
S 9 Uchovávejte obal na dobře větraném místě

BEZPEČNOSTNÍ LIST AMONIAK

Vydání:
Revize:
Strana: 2 / 8

- S 16 Uchovávejte mimo dosah zdrojů zapálení - Zákaz kouření
S 26 Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc
S 36/37/39 Používejte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít
S 45 V případě nehody, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení)
S 61 Zabraňte uvolnění do životního prostředí. Viz speciální pokyny nebo bezpečnostní listy

2.2 Nejzávažnější nepříznivé účinky na zdraví člověka

Velmi silně dráždí až těžce leptá oči, sliznice dýchacích cest, plíce a kůži. Křeč nebo otok hrtanu může vést k udušení. Vysoké koncentrace vedou k zástavě dechu, případně způsobují otok plic. Při styku se zkapačným plynem dochází k poleptání a vzniku omrzlin.

2.3 Nejzávažnější nepříznivé účinky na životní prostředí

Při úniku dochází k zamoření ovzduší do velkých vzdáleností od zdroje. Způsobuje kontaminaci terénu i vod, ve vodách se rozpouští a i při velkém zředění vytváří leptavé směsi, nad kterými se uvolňují nebezpečné páry. Je škodlivý pro vodu, vysoce toxický pro vodní organismy. Může poškodit okolní faunu i flóru.

2.4 Nejzávažnější nepříznivé účinky fyzikálně-chemické a jiné

Málo hořlavá látka. Při uvolnění plynu tvorba velkého množství studené mlhy těžší než vzduch a vznik leptavých a výbušných směsí se vzduchem. Vznícení působením vysoké teploty a silného zdroje energie.

3. SLOŽENÍ/INFORMACE O SLOŽKÁCH

Chemická látka (číslo CAS 7664-41-7, číslo ES 231-635-3)

4. POKYNY PRO PRVNÍ POMOC

4.1 Všeobecné pokyny

PŘI NADÝCHÁNÍ, POLEPTÁNÍ KŮŽE NEBO VNIKNUTÍ DO OČÍ JE NUTNÁ OKAMŽITÁ LÉKAŘSKÁ POMOC.

Projeví-li se zdravotní potíže nebo v případě pochybností uvědomit lékaře a poskytnout mu informace z tohoto bezpečnostního listu. Až do příchodu lékaře zajistit fungování životně důležitých funkcí (umělé dýchání, inhalace kyslíku, masáž srdce). Při bezvědomí nebo při nebezpečí ztráty vědomí dopravovat postiženého ve stabilizované poloze. Při popálení I.st.(bolestivé zarudnutí) a II.st.(bolestivé puchýře) zasažená místa dlouhodobě chladit pod proudem studené vody, při popálení III.st.(zčernání, drolící se bílá kůže, zpravidla bez bolesti) postižená místa nechladit, pouze zakrýt čistou tkaninou.

POŽADOVANÉ SPECIÁLNÍ PROSTŘEDKY NA PRACOVISTI: oční lázeň a bezpečnostní sprcha.

4.2 Při nadýchání

Dopravit postiženého na čerstvý vzduch, vodou vypláchnout ústa a nos, zajistit mu teplo, tělesný klid a nenechat ho chodit. Zajistit odbornou lékařskou pomoc.

PŘÍZNAKY A ÚČINKY: pálení, bolest a poleptání sliznic dýchacích cest, úporný dráždivý kašel, dušnost.

4.3 Při styku s kůží

Zasažená místa okamžitě opláchnout dostatečným množstvím vody a odstranit kontaminovaný oděv a obuv (je-li to nutné, ostříhat vlasy a nehty). Kůži důkladně, ale bez velkého mechanického dráždění omýt velkým množstvím vlažné vody bez použití mýdla a neutralizačních prostředků a vyhnout se mechanickému dráždění, v oplachování zasaženého místa pokračovat až do příchodu lékaře (minimálně 20 minut). Při vzniku omrzlin zasažená místa netřít. Poleptaná, resp. omrzlá místa překrýt sterilním obvazem (ev. čistou tkaninou). Zajistit odbornou lékařskou pomoc.

PŘÍZNAKY A ÚČINKY: pálení, bolest, poleptání.

4.4 Při zasažení očí

Oči okamžitě vypláchnout velkým proudem čisté vlažné vody a ve vymývání pokračovat při násilně otevřených víčkách od vnitřního k vnějšímu koutku oka až do příchodu lékaře. Má-li postižený kontaktní čočky, je nutno je neprodleně vyjmout. Vždy zajistit odbornou lékařskou pomoc.

PŘÍZNAKY A ÚČINKY: pálení, bolest, slzení, poleptání.

BEZPEČNOSTNÍ LIST

AMONIAK

Vydání:

Revize:

Strana: 3 / 8

4.5 Při požití

Nepravděpodobný způsob expozice.

5. OPATŘENÍ PRO HAŠENÍ POŽÁRU

5.1 Vhodné hasební prostředky

Vodní mlha, vodní tříšť, pěna, prášek.

5.2 Hasební prostředky, které nesmějí být použity z bezpečnostních důvodů

Vodní proud.

5.3 Upozornění na specifická nebezpečí při požáru a hašení

Nebezpečí prudké reakce nebo exploze. Při tepelném rozkladu se uvolňují oxidy dusíku a při teplotách nad 450°C vzniká vysoce hořlavý vodík. Zásobníky s amoniakem chladit proudem vody a zvážit provedení evakuace ohrožené oblasti.

5.4 Speciální ochranné vybavení pro hasiče

Úplný ochranný protichemický oblek a izolační dýchací přístroj.

6. OPATŘENÍ V PŘÍPADĚ NÁHODNÉHO ÚNIKU

6.1 Preventivní opatření na ochranu osob

Uzavřít místo nehody. Z místa vykázat všechny osoby, které se nepodílejí na záchranných pracích. Zabránit přístupu do ohroženého prostoru. Odstranit všechny možné zdroje vznícení. Zastavit provoz dopravy, vypnout motory vozidel. Zákaz kouření a zacházení s otevřeným ohněm. Používat svítidla v nevybušném provedení a nejiskřící nářadí. Zabránit styku s látkou. Při pracích na zneškodnění havárie používat izolační dýchací přístroj v kombinaci s úplným protichemickým oblekem. Pro únik ze zamořeného prostoru použít masku s filtrem K - zelený, proti amoniaku a jeho organickým derivátům. Při velkých haváriích evakuace osob z ohroženého prostoru.

6.2 Preventivní opatření na ochranu životního prostředí

Zabránit dalšímu úniku látky. Ohraničit prostor. Zabránit průniku látky do půdy, vody, kanalizace. Při průniku látky do vodního toku nebo vodní nádrže informovat odběratele vody, zastavit na nich provoz a využívání vody. Snížit šíření par amoniaku do okolí vytvořením vodní clony.

6.3 Doporučené metody čištění a zneškodnění úniku

Páry srážet vodní clonou. Pokud je látka smíchána s vodou, bezpečně odčerpat, zbytky sorbovat do vhodného porézního materiálu a v uzavřených nádobách odvézt k zneškodnění. Zneškodnit v souladu s platnou právní úpravou pro odpady.

7. ZACHÁZENÍ A SKLADOVÁNÍ

7.1 Pokyny pro zacházení

Dodržovat veškerá protipožární opatření (zákaz kouření, zákaz práce s otevřeným plamenem, odstranění všech možných zdrojů vznícení). Používat doporučené osobní ochranné prostředky a dbát všech pokynů k vyloučení možného kontaktu látky s kůží, zasažení očí a možnosti nadýchání. Dbát, aby při manipulaci nedošlo k úniku do životního prostředí.

7.2 Pokyny pro skladování

Sklady musí splňovat požadavky požární bezpečnosti staveb a elektrická zařízení vyhovovat platným předpisům. Skladovat v uzavřených tlakových nádobách na chladném dobře větraném místě s účinným odsáváním z dosahu zdrojů tepla a všech zdrojů vznícení. Neskladovat společně se zdroji vzduchu a kyslíku. Dbát, aby při skladování nedošlo k úniku do životního prostředí.

7.3 Pokyny pro specifické použití

Není stanoveno.

BEZPEČNOSTNÍ LIST AMONIAK

Vydání:
Revize:
Strana: 4 / 8

8. OMEZOVÁNÍ EXPOZICE / OSOBNÍ OCHRANNÉ PROSTŘEDKY

8.1 Limitní hodnoty expozice

Česká republika (nařízení vlády č.178/2001 Sb):

Název	PEL [mg.m ⁻³]	NPK-P [mg.m ⁻³]
amoniak	14	36

PEL přípustný expoziční limit chemické látky v ovzduší
NPK-P nejvyšší přípustná koncentrace chemické látky v ovzduší

Evropská unie (směrnice 2006/15/ES):

Název	8hodinový limit [mg.m ⁻³]	krátkodobý limit [mg.m ⁻³]
amoniak	14	36

8hodinový limit měřený nebo vypočtený ve vztahu k referenčnímu období osmi hodin jako časově vážený průměr

krátkodobý limit limitní hodnota, nad kterou by nemělo dojít k expozici a která odpovídá době 15 minut

Doporučená metoda pro stanovení v pracovním ovzduší: spektrofotometrie, detekční trubice

8.2 Omezování expozice pracovníků

Kolektivní ochranná opatření

Celkové a místní větrání, účinné odsávání, automatizace, hermetizace.

Individuální ochranná opatření

Zaměstnanci musí mít k dispozici osobní ochranné prostředky (OOP) pro ochranu očí, rukou a pokožky, které odpovídají charakteru vykonávaných činností. Tam, kde není možno technickými prostředky zajistit dodržení expozičních limitů stanovených pro pracovní prostředí nebo zajistit, aby vlivem expozice dýchacími cestami nedošlo k ohrožení zdraví lidí, musí být vybaveni i vhodnou ochranou dýchacích cest. Při nepřetržitém používání těchto prostředků při trvalé práci je nutno zařadit bezpečnostní přestávky, pokud to charakter OOP vyžaduje. Všechny OOP je třeba stále udržovat v použitelném stavu a poškozené nebo znečištěné ihned vyměňovat.

DOPORUČENÉ OSOBNÍ OCHRANNÉ PROSTŘEDKY (OOP) :

- **dýchací orgány:** ochranná maska s filtrem K (zelený, proti amoniaku a jeho organickým derivátům), izolační dýchací přístroj
- **oči:** ochranné brýle, ochranný štít
- **ruce** ochranné rukavice

	materiál rukavic	tloušťka vrstvy	doba průniku
běžná pracovní činnost (možnost potřísnění)	nitril	0,4 mm	10 minut
likvidace úniku / havárie	butyl	0,7 mm	480 minut

Použité ochranné rukavice musí splňovat podmínky směrnice EU 89/686/EEC a z ní vyplývající normy EN 374 – např. KCL 730 Camaril®Velours (potřísnění) a 898 Butoject® (únik), pro které byly při laboratorních měřeních firmy KCL podle EN 374 stanoveny výše uvedené doby průniku. Doby platí pro produkt a použití popsané v bezpečnostním listu. V případě jiných skutečností je třeba obrátit se na dodavatele rukavic povolených CE (např. KCL CZ s.r.o., Suderova 2013, 709 00 Ostrava 9, www.klc.de.)

- **kůže:** nepropustný oděv, uzavřená gumová obuv
- **další:** oční lázeň, bezpečnostní sprcha
- **obecná bezpečnostní a hygienická opatření:** Dodržovat pravidla osobní hygieny. Při práci nejíst, nepít a nekouřit ! Po práci a před jídlem či pitím důkladně umýt ruce a nekryté části těla vodou a mýdlem, případně ošetřit vhodným reparačním krémem.

8.3 Omezování expozice životního prostředí

Postupovat v souladu s platnými právní předpisy pro ochranu ovzduší a vod.

BEZPEČNOSTNÍ LIST AMONIAK

Vydání:
Revize:
Strana: 5 / 8

9. FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI

9.1 Obecné informace

- skupenství při 20°C: plyn
- barva: bez barvy
- zápach: silně čpavý, dráždivý

9.2 Informace důležité pro bezpečnost, ochranu zdraví a ochranu životního prostředí

- hodnota pH - 1,00N vodný roztok: 11,6
- 0,10N vodný roztok: 11,1
- 0,01N vodný roztok: 10,6
- bod varu [°C]: -33,4
- bod vzplanutí [°C]: není stanoveno (plyn)
- hořlavost: hořlavý
- meze výbušnosti - dolní mez [%obj]: 15
- horní mez [%obj]: 28
- oxidační vlastnosti: nemá
- tenze par při 20°C [kPa]: 800
- hustota při -33,4°C [kg.m⁻³]: 681
- při 0°C [kg.m⁻³]: 0,7710
- rozpustnost: alkoholy, diethyléter, chloroform
- rozpustnost ve vodě [g.l⁻¹]: 517
- rozděln. koef. n-oktanol/voda [log Kow]: není stanoveno
- viskozita par při 20°C [Pa.s]: 100.10⁻⁷
- hustota par (vzduch=1): 0,597
- rychlost odpařování: není stanoveno

9.3 Další informace

- teplota tání / tuhnutí [°C]: -77,75
- teplota vznícení [°C]: 650
- mezní experimentální bezpečná spára [mm]: 3,17
- výhřevnost [MJ.kg⁻¹]: 18,631
- teplotní třída: T1
- skupina výbušnosti: II A
- kritická teplota [°C]: 132,4
- kritický tlak [kPa]: 11270

10. STÁLOST A REAKTIVITA

10.1 Podmínky, kterým je třeba zabránit

Koncentrace v mezích výbušnosti, zdroje vznícení, vysoká teplota, sluneční záření.

10.2 Materiály, kterých je třeba se vyvarovat

Prudké reakce: BF₃, ClF₃, etylenoxid, Mg(ClO₄)₂, 1,2-dichlóretan, O₂+Pt, , N₂O₃, silná oxidační činidla (HNO₃, Cl₂O, CrO₃, H₂O₂, F₂, N₂O₄, kapalný O₂).

Nebezpečné reakce: Cl₂, HCl, CO₂, SO₂a H₂.

Výbušné směsi: vzduch+uhlovodíky, 1-chloro-2,4-dinitrobenzen, deriváty Ge, Cl₂, dusičnan stříbrný.

Výbušné produkty s Br₂, I₂, těžkými kovy (např. Ag, Hg) a jejich sloučeninami.

Prudká neutralizace s kyselinami, napadá barevné kovy.

10.3 Nebezpečné produkty rozkladu

Při tepelném rozkladu vznik oxidů dusíku a při teplotách nad 450°C vznik vysoce hořlavého vodíku.

BEZPEČNOSTNÍ LIST AMONIAK

Vydání:
Revize:
Strana: 6 / 8

11. TOXIKOLOGICKÉ INFORMACE

11.1 Akutní nepříznivé účinky na zdraví

Tekutina i plyn velmi silně dráždí až těžce leptá oči, sliznice dýchacích cest, plíce a kůži. Může způsobit vážné poškození zdraví. Křeč nebo otok hrtanu může vést k udušení. Pobyt ve vysokých koncentracích plynu vede k zástavě dechu přechodného rázu, ale i náhlou smrt. Může způsobit otok plic a podráždění očí končící poškozením rohovky i slepotou. Při styku se zkapalněným plynem dochází k poleptání a vzniku omrzlin.

Nadýchání: pálení, bolest a poleptání sliznic dýchacích cest, úporný dráždivý kašel, dušnost.

Oči: pálení, bolest, slzení, poleptání.

Pokožka: pálení, bolest, poleptání.

Požítí: nepravděpodobný způsob expozice.

Akutní toxicita

LC₅₀ inhalačně - potkan 2000 ppm / 4hod

11.2 Toxicita po opakovaných dávkách

Při chronickém působení dochází k podráždění spojivek, nosohltanu a průdušek, může způsobit poškození jater a ledvin.

11.3 Senzibilizace

Nemá prokázané senzibilizující účinky.

11.4 Účinky CMR (karcinogenita, mutagenita, toxicita pro reprodukci)

Nemá prokázané CMR účinky.

11.5 Toxikokinetika, metabolismus, distribuce

Není stanoveno.

12. EKOLOGICKÉ INFORMACE

12.1 Ekotoxicitá

EC₅₀, 25 hod., dafnie: 60 mg.l⁻¹

EC₅₀, 100 hod., dafnie: 20 mg.l⁻¹

12.2 Mobilita

Není stanoveno.

12.3 Persistence a rozložitelnost

Odbourává se.

12.4 Bioakumulační potenciál

Nepředpokládá se bioakumulace v těle ryb.

12.5 Výsledky posouzení PBT

Není stanoveno.

12.6 Jiné nepříznivé účinky na životní prostředí

Může způsobit kontaminaci terénu i vod, může poškodit okolní faunu i flóru.

Produkt je ve smyslu vodního zákona č.254/2001 Sb. považován za závadnou látku a za látku nebezpečnou dle přílohy č.1 vodního zákona.

13. POKYNY PRO ODSTRAŇOVÁNÍ

13.1 Doporučený způsob odstraňování látky / přípravku

Využít nebo odstranit v souladu s platnými právními předpisy pro odpady.

13.2 Doporučený způsob odstraňování znečištěného obalu

Produkt je přepravován cisternovými vozidly nebo plněn do vratných tlakových lahví.

13.3 Opatření k omezení expozice při nakládání s odpady

Postupovat v souladu s platnými právními předpisy pro ochranu osob, ovzduší a vod.

BEZPEČNOSTNÍ LIST AMONIAK

Vydání:
Revize:
Strana: 7 / 8

13.4 Právní předpisy o odpadech

Česká republika
Zákon č.185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v platném znění
Vyhláška č.381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, v platném znění
Evropská unie
Směrnice EP a Rady 2006/12/ES o odpadech

14. INFORMACE PRO PŘEPRUVU

14.1 Převravní klasifikace

- *Pozemní přeprava (ADR / RID)*
- *pojmenování:* AMONIAK (ČPAVEK), BEZVODÝ
- *UN číslo:* 1005
- *třída:* 2
- *klasifikační kód:* 2TC
- *obalová skupina:* neuvádí se
- *číslo nebezpečnosti:* 268
- *značka/nálepka:* 2.3 + 8

14.2 Speciální preventivní opatření při přepravě

Není stanoveno.



15. INFORMACE O PŘEDPÍSECH

15.1 Posouzení chemické bezpečnosti

Bude doplněno v souvislosti s registrací podle nařízení EP a Rady (ES) č.1907/2006.

15.2 Označení obalu látky / přípravku

název: Amoniak
Amoniak bezvodý
číslo ES: 231-635-3
"označení ES"

 toxický	 nebezpečný pro životní prostředí	<p>Hořlavý Toxický při vdechování Způsobuje poleptání Vysoce toxický pro vodní organismy</p> <hr/> <p>Uchovávejte uzamčené a mimo dosah dětí Uchovávejte obal na dobře větraném místě Uchovávejte mimo dosah zdrojů zapálení - Zákaz kouření Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc Používejte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít V případě nehody, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení) Zabraňte uvolnění do životního prostředí. Viz speciální pokyny nebo bezpečnostní listy</p>
--	---	---

15.3 Právní předpisy, které se na látku / přípravku vztahují

Evropská unie
Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č.1907/2006 (REACH)

BEZPEČNOSTNÍ LIST
AMONIAK

Vydání:

Revize:

Strana: 8 / 8

Česká republika:

Zákon č.356/2003 Sb. o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, v platném znění

Zákon č.258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění

Zákon č.254/2001 Sb., o vodách a o změně některých dalších zákonů, v platném znění

Nařízení vlády č.178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci, v platném znění

16. DALŠÍ INFORMACE

Pokyny pro školení

Osoby, které nakládají s produktem, musí být prokazatelně seznámeny s jeho nebezpečnými vlastnostmi, zásadami ochrany zdraví, životního prostředí před jeho škodlivými účinky a zásadami první předlékařské pomoci (zákon č.258/2000 Sb., v platném znění).

Přístup k informacím

Každý zaměstnavatel musí podle článku 35 nařízení EP a Rady(ES) č.1907/2006 umožnit přístup k informacím z bezpečnostního listu všem pracovníkům, kteří tento produkt používají nebo jsou během své práce vystaveni jeho účinkům, a rovněž zástupcům těchto pracovníků.

Zdroje údajů použité při sestavování bezpečnostního listu

Záznam o klasifikaci nebezpečných vlastností produktu podle vyhlášky č.232/2004 Sb., v platném znění

Příloha č.1 k vyhlášce č.232/2004 Sb., v platném znění

Zásady pro poskytování první pomoci při expozici chemickým látkám

Změny provedené při revizi

01.12.2006: Úprava údajů v kap. 1, 2, 4, 8, 12.5, 13, 15.2 a 16

01.03.2007: Úprava údajů v kap. 1a 16

01.06.2007: Celková úprava dokumentu v souvislosti s nařízením EP a Rady(ES) č.1907/2006